



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE UN VEHÍCULO
TERRESTRE PARA TRANSPORTAR
AL MENOS UN INDIVIDUO

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR: TOMÁS DEL OLMO NOGALES

TUTOR: JOSÉ ANTONIO CALVO RAMOS



A Eme,

por una infancia "chapuceando".

*Por enseñarme que cualquier tierra, por árida que sea,
trabajándola con esfuerzo y constancia acabará dando sus frutos.*



AGRADECIMIENTOS:

A mi familia por su amor y confianza.

A Leonel, Marcos, Roberto y Carlos por su amistad y ayuda.

A José Antonio Calvo Ramos, por su apoyo y confianza, por su forma de transmitir conocimientos y por darme libertad para crear.

A Isidro Jiménez, por su dedicación, por meter la semilla del diseño en mi interior y darme las herramientas necesarias para hacerla crecer.



RESUMEN

El presente proyecto desarrolla el diseño de un vehículo automóvil terrestre para transportar al menos a un individuo. Proporciona un proyecto completo, en el que se revisará la totalidad del proceso de diseño, así como el funcionamiento del vehículo. El objetivo fundamental se centra en el concepto y la innovación formal.

Este proyecto fue presentado en el *XVII Concurso de Diseño Autopista*, convocado para 2014. Durante el desarrollo del proyecto se justificará tanto el diseño como la documentación aportada en las 4 láminas en formato A3, que exigen las bases del concurso.

PALABRAS CLAVE:

CAD, Diseño, Solidworks, Vehículo, Aerodinámica, Fluent.

ABSTRACT

The present project is aimed at the development of a terrestrial automobile vehicle intended for the transportation of at least one individual. Its scope is defined as a complete project, in which we will review the whole design process as well as the vehicle function. The main focus will be on concept and formal innovation.

This project was presented on the *XVII Autopista Design Contest*, which has taken place in 2014. During its development we will justify both design and documentation included in the four A3 blueprints that figured in the requirements for the contest.

KEY WORDS:

CAD, Design, SolidWorks, Vehicle, Aerodynamics, Fluent.



ÍNDICE:

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:	vii
ÍNDICE DE TABLAS:.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES:	x
1. OBJETIVOS.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
El concurso:	2
El Nissan Leaf:	3
Resumen de la historia de la arquitectura de vehículos:.....	6
La evolución histórica de la aerodinámica:.....	12
3. TAMAÑOS Y PROPORCIONES	17
Dimensionando el prototipo:	17
• Proporciones horizontales del perfil:.....	17
• Proporciones verticales del perfil:.....	18
• Proporciones en la vista lateral:.....	19
Los números de Renard:.....	20
4. SEGURIDAD Y ERGONOMÍA.....	22
Seguridad:.....	22
• Los ensayos de seguridad:.....	24
Ergonomía:.....	25
La antropometría:	27
H-Point:.....	29
5. TECNOLOGÍA APLICADA.....	31
El diseño modular:.....	31
Motor eléctrico integrado en la rueda:	32
HUD proyectado en el parabrisas:	36
Sistema de absorción de materiales compuestos:	38
Impresión 3D en la industria de la automoción:	40
6. EL PROCESO DE DISEÑO.....	42
Fase conceptual:.....	42
Fase de diseño del proceso de producción:	42
Proceso de esbozado paso a paso:	43
• Diseño de la idea:	43



• Número de pasajeros y su distribución:.....	43
• Bocetos del vehículo:	44
• Posición del punto H y aproximación de las medidas:.....	45
• Medidas interiores:	46
7. AERODINÁMICA.....	47
Introducción al cálculo por simulación numérica:	47
• Aerodinámica en los vehículos, conceptos:	47
Consideraciones Iniciales:	49
La capa límite:	50
La resistencia de presión:	51
Aspectos geométricos:.....	51
Planteamiento inicial de la simulación:	52
Elección del mallado:	53
• Análisis de sensibilidad de malla:.....	54
Estudio de la geometría:	55
• Nissan Leaf:	55
• Geometría 1:	55
• Geometría 2:	56
• Geometría 3:	56
• Geometría 4:	56
• Geometría proyecto:.....	57
8. DISEÑO CARROCERÍA	58
Introducción al diseño asistido por ordenador:.....	58
Solidworks:.....	58
PhotoView 360	60
• Acabado superficial:.....	60
• Iluminación:.....	60
Elementos del diseño:	61
• Difusores de aire inferiores.....	61
• Espejos retrovisores laterales:	62
• Entradas/tomas de aire:.....	63
• Paragolpes:.....	63
• Diseño del logo:.....	64
• Detalles funcionales:	65



• Luces:.....	66
• Elementos normativos:	66
• Diseño de la carrocería:.....	67
• Vistas:	68
• Versión con mayor capacidad:	70
9. DISEÑO INTERIOR.....	71
El uso de polipropileno en el diseño:	72
Panel de instrumentos:.....	73
10. DISEÑO DE LOS COMPONENTES	76
Llantas :	76
Modelos 3D de los percentiles:	77
Motor integrado en la rueda:	77
Chasis delantero:.....	78
Baterías:	79
11. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	80
Conclusiones:	80
Trabajos futuros:	80
12. BIBLIOGRAFÍA	81
Libros:	81
Manuales:	82
Páginas Web:	82
Normativa:	82
ANEXO	83
NISSAN LEAF:.....	83
GEOMETRÍA PROYECTO:.....	84
GEOMETRÍA 1	86
GEOMETRÍA 2.....	88
GEOMETRÍA 3.....	89
GEOMETRÍA 4.....	91
VISTAS PIEZAS MOTOR:	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1 Ganador 2013	2
Ilustración 2 Ganador 2012	3
Ilustración 3 Ganador 2011	3
Ilustración 4 Nissan Leaf.....	3
Ilustración 5 Motor Nissan Leaf	4
Ilustración 6 Medidas Nissan Leaf.....	5
Ilustración 7 Capo Nissan Leaf	5
Ilustración 8 Coche de Karl Benz	6
Ilustración 9 Baker Eléctrico	7
Ilustración 10 Chasis Lancia Lambda	7
Ilustración 11 Bugatti Type 35	8
Ilustración 12 VW Beetle.....	8
Ilustración 13 Ford F150	9
Ilustración 14 Chevrolet Bel Air	9
Ilustración 15 BMC Mini	10
Ilustración 16 Jeep Wagoneer	10
Ilustración 17 VW Golf	11
Ilustración 18 Smart	11
Ilustración 19 Vehículo con forma de gota.....	12
Ilustración 20 VW Type1	13
Ilustración 21 Citroën DS.....	13
Ilustración 22 Lancia Stratos	14
Ilustración 23 Renault Space-(TGV).....	14
Ilustración 24 Chrysler Airflow-Streamliner	14
Ilustración 25 Toyota Prius.....	15
Ilustración 26 Mercedes CLA	15
Ilustración 27 Coeficientes Cx.....	16
Ilustración 28 División del perfil.....	17
Ilustración 29 División del perfil.....	18
Ilustración 30 División lateral	19
Ilustración 31 Ensayo Euro NCAP.....	23
Ilustración 32 Diagrama de flujo diseño ergonómico	26
Ilustración 33 Percentil 95	28
Ilustración 34 Punto H en rojo	29
Ilustración 35 Puntos de referencia principales.....	30
Ilustración 36 Diseño modular.....	31
Ilustración 37 Diseño Modular Fortwo	32
Ilustración 38 Michelin Active Wheel.....	33
Ilustración 39 Composición rueda motor	34
Ilustración 40 Sistema de transmisión modular	34
Ilustración 41 Despiece rueda motor	35
Ilustración 42 Sistema HUD proyectado	36
Ilustración 43 Sistema HUD Panel	38
Ilustración 44 LM Strati.....	40
Ilustración 45 EDAG Génesis.....	41



Ilustración 46 Sistema de apertura tipo concha	44
Ilustración 47 Medidas de los ejes	44
Ilustración 48 Primeros bocetos	44
Ilustración 49 Medidas elementales	45
Ilustración 50 Boceto interior	46
Ilustración 51 Flujo laminar	48
Ilustración 52 Flujo turbulento	48
Ilustración 55 Capa Límite	50
Ilustración 53 Situación inestable	50
Ilustración 54 Situación estable	50
Ilustración 56 Cambio de sentido de la velocidad	51
Ilustración 57 Volumen de control	52
Ilustración 58 Mallado Nissan Leaf	54
Ilustración 59 Cx Leaf	55
Ilustración 60 Cx Geometría 1	55
Ilustración 61 Cx Geometría 2	56
Ilustración 62 Cx Geometría 3	56
Ilustración 63 Cx Geometría 4	57
Ilustración 64 Cx Geometría Proyecto	57
Ilustración 65 Interface SolidWorks	59
Ilustración 66 Interface SolidWorks	59
Ilustración 67 Difusor inferior	61
Ilustración 68 Retrovisor vista 1	62
Ilustración 69 Retrovisor vista 2	62
Ilustración 70 Entradas de aire	63
Ilustración 71 Frontal	64
Ilustración 72 Logo Vectorizado	64
Ilustración 73 Diseño 3D nombre de la marca	64
Ilustración 74 Diseño 3D logo de la marca	64
Ilustración 75 Tirador puerta	65
Ilustración 76 Sistema de apertura de puertas	65
Ilustración 77 Vista lateral trasera	65
Ilustración 78 Luces delanteras	66
Ilustración 79 Matrícula	67
Ilustración 80 Vista carrocería	68
Ilustración 81 Vista lateral	68
Ilustración 82 Vista superior	69
Ilustración 83 Vista frontal	69
Ilustración 84 Vista Isométrica	69
Ilustración 85 Versión XL	70
Ilustración 86 Vista isométrica versión XL	70
Ilustración 87 Conjunto interior	71
Ilustración 88 Volante	73
Ilustración 89 Vista superior del interior	74
Ilustración 90 Guanteras	75
Ilustración 91 Controlador del modo de conducción	75
Ilustración 92 Llanta	76
Ilustración 93 Percentil 95 hombre / Ilustración 94 Percentil 5 mujer	77



Ilustración 95 Conjunto Motor	77
Ilustración 96 Vista frontal paragolpes	78
Ilustración 97 Vista superior paragolpes	78
Ilustración 101 Baterías Nissan Leaf	79
Ilustración 98 Vista isométrica paragolpes	79
Ilustración 99 Vista lateral paragolpes	79
Ilustración 100 Posición baterías.....	79
Ilustración 101 Posición baterías.....	79
Ilustración 103 Geometría Leaf	83
Ilustración 104 Líneas de corriente Leaf.....	83
Ilustración 105 Distribución de presión Leaf.....	83
Ilustración 106 Velocidad Leaf.....	84
Ilustración 107 Vorticidad Leaf	84
Ilustración 108 Geometría Proyecto.....	84
Ilustración 109 Líneas de corriente Geometría Proyecto	85
Ilustración 110 Presión Geometría Proyecto	85
Ilustración 111 Velocidad Geometría Proyecto	85
Ilustración 112 Vorticidad Geometría Proyecto.....	86
Ilustración 113 Geometría 1	86
Ilustración 114 Líneas de corriente Geometría 1	86
Ilustración 115 Distribución de presión Geometría 1	87
Ilustración 116 Velocidad Geometría 1	87
Ilustración 117 Vorticidad Geometría 1	87
Ilustración 118 Geometría 2	88
Ilustración 119 Líneas de corriente Geometría 2	88
Ilustración 120 Presión Geometría 2.....	88
Ilustración 121 Velocidad Geometría 2.....	89
Ilustración 122 Vorticidad Geometría 2	89
Ilustración 123 Geometría 3.....	89
Ilustración 124 Líneas de corriente Geometría 3.....	90
Ilustración 125 Presión Geometría 3.....	90
Ilustración 126 Velocidad Geometría 3.....	90
Ilustración 127 Vorticidad Geometría 3	91
Ilustración 128 Geometría 4.....	91
Ilustración 129 Líneas de corriente Geometría 4.....	91
Ilustración 130 Distribución de presión Geometría 4.....	92
Ilustración 131 Velocidad Geometría 4.....	92
Ilustración 132 Vorticidad Geometría 4	92
Ilustración 133 Vista frontal cárter	93
Ilustración 134 Vista lateral cárter	93
Ilustración 135 Vista trasera cárter	93
Ilustración 136 Vista isométrica cárter	94
Ilustración 137 Vista lateral bobinas	94
Ilustración 138 Vista isométrica bobinas	94
Ilustración 139 Vista frontal Estator	95
Ilustración 140 Vista isométrica estator.....	95
Ilustración 141 Vista isométrica tapa	95



ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1 Series Renard.....	21
Tabla 2 N° de nodos / Cx.....	54

ÍNDICE DE ECUACIONES:

Ecuación 1 Número de Reynolds.....	48
Ecuación 2 Resistencia al avance	49
Ecuación 3 Turbulencia de la Energía Cinética.....	53
Ecuación 4 Ratio de disipación.....	53
Ecuación 5 Síntesis del Polipropileno.....	72



1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es crear un vehículo conceptual que cumpla con los requisitos del *Concurso de Diseño 2014 de Autopista*. Para ello se integrarán los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, haciendo uso de programas CAD y CAE para proporcionar una solución tridimensional. Los entregables del concurso se adjuntarán en el **ANEXO** en formato A3.

Se pretende crear una propuesta realista de un vehículo eléctrico eficiente, tecnológicamente avanzado y adaptado a las necesidades del usuario y los procesos de fabricación de la próxima década. Integrar ingeniería y diseño mediante un proyecto completo y detallado.

Ya que el concurso está organizado por la marca japonesa de coches Nissan y con el objetivo de reducir los costes de fabricación, el nuevo vehículo se desarrollará a partir del modelo *Nissan Leaf*, actual coche eléctrico de la firma.

Dado que la Universidad Carlos III de Madrid apuesta firmemente por las asignaturas de Humanidades como parte de la formación; se integraran las competencias adquiridas en el curso de *Diseño Gráfico con Software Libre* para dotar de un valor añadido a la solución del problema.

A su vez, este proyecto pretende ser una guía para hacer evolucionar desde una idea el vehículo concepto, agrupando los conceptos necesarios y desarrollando el proceso de diseño.

2. INTRODUCCIÓN

El concurso:

El proyecto se presentará al **XVII Concurso de Diseño Autopista**, organizado por la revista de automoción *Autopista*, la firma de coches Nissan y la *Universidad Politécnica de Valencia*.

El formato de entrega son cuatro láminas en formato **A3**, que se pueden encontrar en el anexo.

El prestigio del concurso se puede observar en las posiciones que ostentan los ganadores de antiguas ediciones:

El ganador de la primera edición, *Jorge Díez* es el actual jefe de diseño de exteriores de Seat; *Ramón Sellers*, ganador de 2001, ha participado activamente en los últimos concept car de Audi diseñados en el centro de Múnich; *Arturo Peralta* ganador de 2003 trabaja actualmente en el centro de Volkswagen, en Wolfsburg, mientras que *Rubén Vela*, vencedor en 2005, es desde hace varios años diseñador de Hyundai en Fráncfort. *José Espinosa* ganador de 2010 tras pasar por el centro de Nissan en Londres actualmente está en el centro de diseño de Seat [19].

Para realizar el proyecto se han analizado los diseños realizados por los ganadores de ediciones anteriores mostrados en la **Ilustración 1**, **Ilustración 2** e **Ilustración 3**:



Ilustración 1 Ganador 2013



Ilustración 2 Ganador 2012



Ilustración 3 Ganador 2011

El Nissan Leaf:

Es un vehículo eléctrico de batería del tipo hatchback (*Ilustración 4*). El nombre procede del acrónimo en inglés de "**L**eading, **E**nviromentally **F**riendly, **A**ffordable, **F**amily Car".

Consta de una autonomía certificada en Europa según el ciclo **NEDC** "**N**ew **E**uropean **D**riving **C**ycle" de 175 km y una economía de combustible equivalente a 2.4 L/100km.

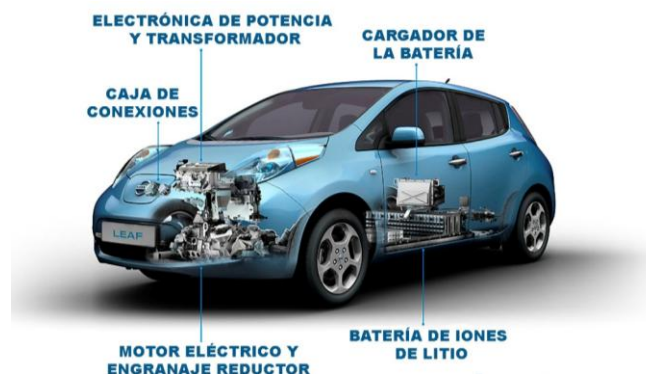


Ilustración 4 Nissan Leaf

Este modelo se diseñó desde cero para ser un vehículo eléctrico. No es una adaptación de otro vehículo ya existente.

Cuenta con el galardón de ser el vehículo eléctrico más vendido de la historia, con más de 100.000 unidades vendidas entre diciembre de 2010 y febrero de 2014, lo que representaba el 45% de las ventas de coches eléctricos [19].



Ilustración 5 Motor Nissan Leaf

Ficha técnica:

Motor:

- Tipo AC síncrono
- Potencia máxima 80/10.390 Kw/rpm (109 cv)
- Tracción delantera

Batería:

- Laminada de iones de litio
- Voltaje 360 Kw
- Capacidad de 24kWh
- 192 células
- Cargador de 6.6 Kw (32A)
- Tiempo de recarga 4h

Chasis:

- Suspensión delantera: Mc Pherson
- Suspensión trasera: Barra de torsión
- Sistema de frenos regenerativos y ventilados
- Sistema de control de estabilidad ESP
- Llantas de 17"
- Neumáticos: 215/50 R17
- Diámetro de giro: 10.42m

Pesos y dimensiones:

- MMA: 1945 kg
- Carga máxima autorizada: 395 kg
- Peso en vacío mín./máx: 1525/1567 kg
- Maletero de 370L
- Vía delantera/trasera: 1530/1525 mm
- Longitud/ Anchura/ Altura: 4450/1770/1550 mm
- Coeficiente aerodinámico Cx igual a 0.28

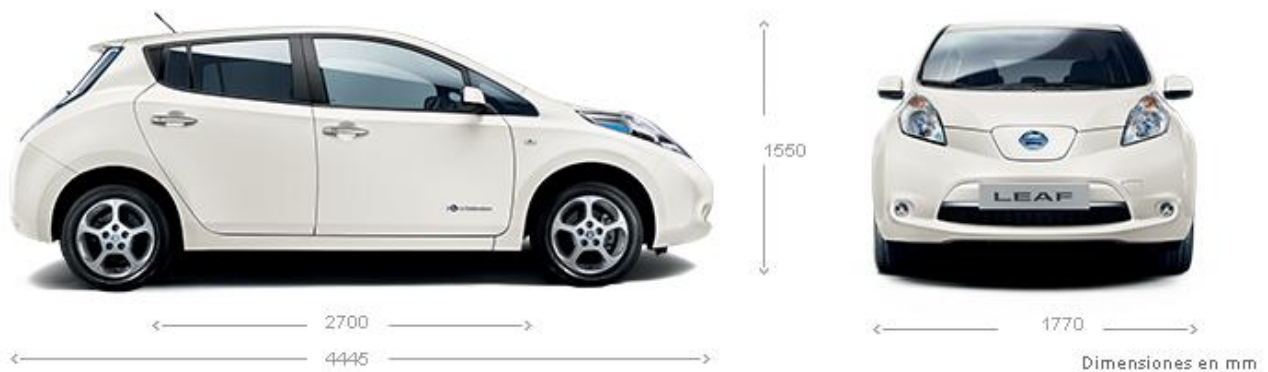


Ilustración 6 Medidas Nissan Leaf

En 2011 *Nissan North América* recopiló información de los 7500 **LEAFs** de Estados Unidos y afirmó que el conductor medio recorría 60km al día y que el **recorrido medio** entre encendido y apagado era de **11 km** [20].

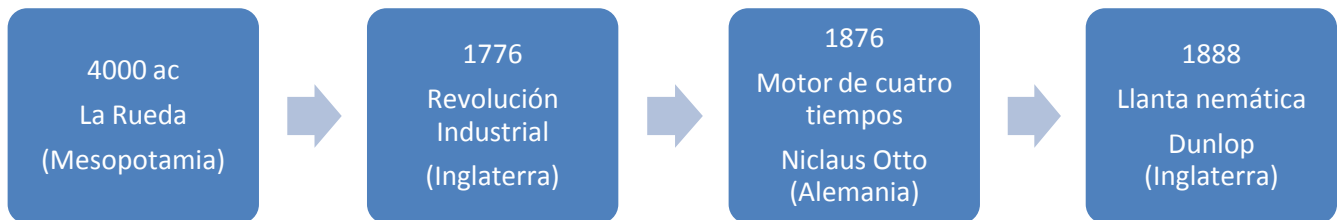


Ilustración 7 Capó Nissan Leaf

Resumen de la historia de la arquitectura de vehículos:

Para entender mejor el proceso de diseño, es necesario ver cómo y por qué han evolucionado las proporciones de los vehículos a lo largo del tiempo.

La invención y evolución del coche están ligadas a una serie de **inventos previos**, los más relevantes serán detallados cronológicamente en los recuadros azules:



- **El primer coche a motor:**

Se considera a *Gottlieb Daimler* como el creador del **primer vehículo** movido por combustión interna. Los primeros coches eran una adaptación de los carruajes movidos por caballos, con los que compartían la misma carrocería y chasis. El primero en realizar un cambio en el diseño interior y la distribución de los ocupantes fue *Karl Benz*, **Ilustración 8**.

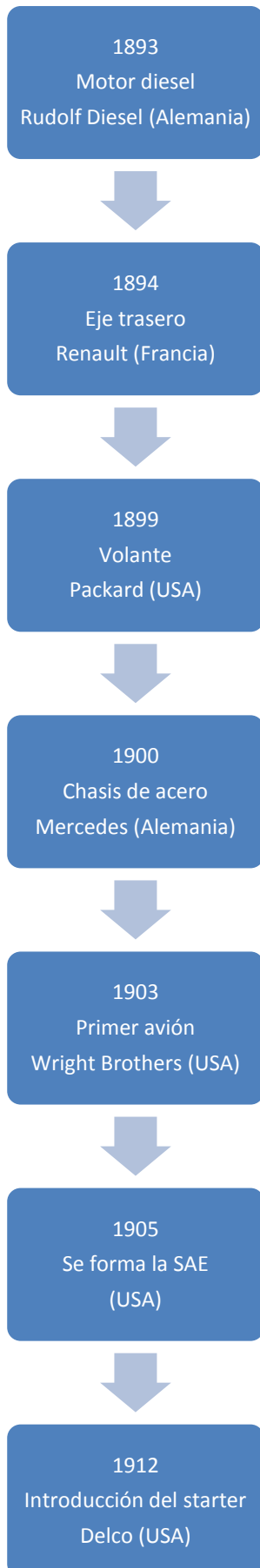


Ilustración 8 Coche de Karl Benz

- **Configuración con el motor en la parte delantera:**

Panhard-Levassor realizaron este importante cambio en el diseño durante los primeros años de vida del automóvil. Fueron los primeros en colocar el **motor en la parte delantera** con transmisión trasera, embrague y cambios de velocidad. Su empresa fue una de las más importantes antes de la *Primera Guerra Mundial*.

Esta configuración es utilizada actualmente por muchos camiones y coches de lujo.



- **Propulsión alternativa:**

Los coches eléctricos y de vapor surgieron en los primeros años del siglo XX. Compañías como *Baker (Ilustración 9)*, *Woods* y *Detroit Electric* desarrollaron vehículos eléctricos que eran limpios, fiables y fáciles de arrancar. En Europa el profesor *Ferdinand Porsche* estuvo desarrollando **vehículos híbridos y eléctricos** para *Lohne*. Los coches de vapor también se dieron en esta época, desarrollados por *Doble* y *Stanley*, tuvieron bastante éxito.

El rango de potencia y el bajo coste de los vehículos de inyección pronto hicieron este tipo de coches poco competitivos. Irónicamente la introducción del **estárter eléctrico** acabó con ellos en 1912.



Ilustración 9 Baker Eléctrico

- **Producción en masa:**

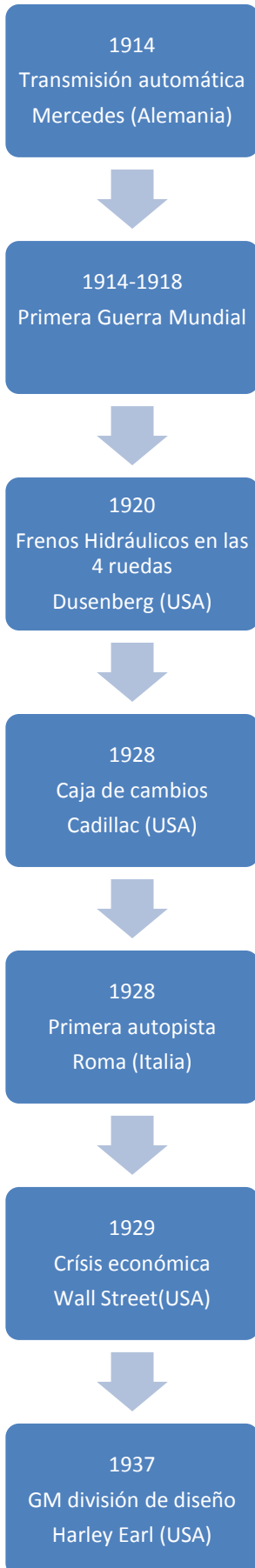
Henry Ford estableció la **base de la industria** del automóvil, reduciendo los precios de los coches y aumentando los salarios. La factoría de *Ford* producía un modelo T cada tres minutos. Estaban todos pintados de negro porque secaba más rápido.

- **Chasis monocasco:**

El *Lancia Lambda (Ilustración 10)* fue un coche revolucionario lanzado en 1922. Fue el primer coche con un **chasis de una única pieza**. También estaba dotado de una suspensión delantera independiente y un motor V4 de aluminio.



Ilustración 10 Chasis Lancia Lambda



- **Arte y ciencia:**

Ettore Bugatti no fue solo un gran diseñador sino que también fue un gran constructor de vehículos, el cual junto a su hijo *Jean*, fueron responsables de algunos de los **coches más bellos de la historia**. *Ettore* realizaba sus diseños sin necesidad de cálculos de fatiga. El Type 35 (*Ilustración 11*) sigue siendo uno de los más atractivos y exitosos coches deportivos de todos los tiempos.



Ilustración 11 Bugatti Type 35

- **Aerodinámica y adelantamiento de la cabina:**

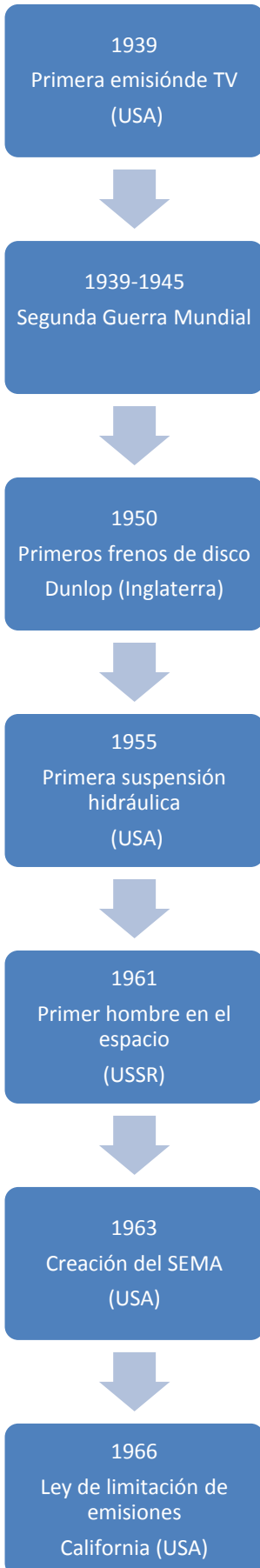
Inspirado por la forma aerodinámica creada por el húngaro Paul Jaray, el mundo del diseño **adelanto la posición de los ocupantes** para ubicarlos entre los ejes delantero y trasero. Al principio, el diseño aerodinámico fue demasiado radical para el mercado y casi produjo la banca rota de Chrysler en 1934.

- **El coche de la gente:**

Probablemente uno de los coches **más conocidos** de todos los tiempos es el Beetle, *Ilustración 12*. Fue diseñado originalmente por el profesor *Ferdinand Porsche* antes de la segunda guerra mundial y promocionado por *Adolf Hitler*. Su arquitectura fue inspirada por el *Czechoslovakian Tatra T87*. Se vendió cerca de 21M de Uds.



Ilustración 12 VW Beetle



- **El 4x4:**

Originalmente diseñado por *Willys Overland* en 1939, para llevar cuatro personas por los duros **terrenos de guerra** en Europa. Después de la Segunda Guerra Mundial se comercializó el modelo *Jeep* y su diseño lógico y eficaz ha hecho que perdure a lo largo de los años.

- **La camioneta:**

Aunque el **ADN** de las camionetas se trazó durante el siglo XIX, el *Ford F150* (*Ilustración 13*) tiene el título de ser el **vehículo más vendido del mundo** durante 20 años. Su diseño es otro ejemplo de diseño basado en la lógica.



Ilustración 13 Ford F150

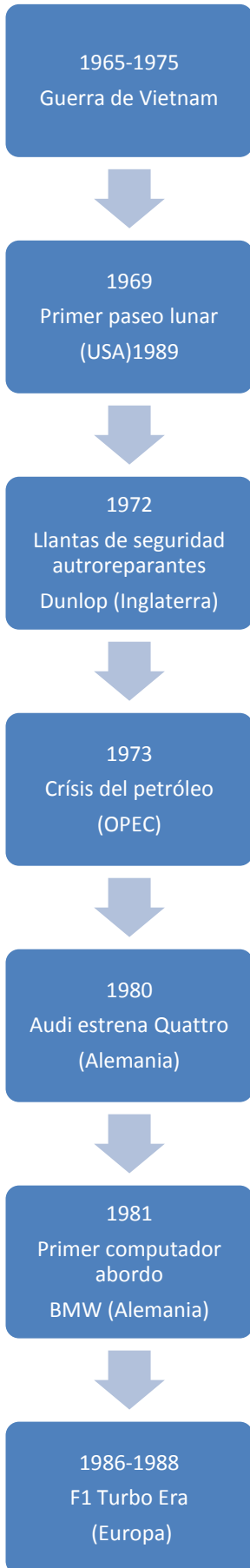
- **Diseño con pasión:**

Los años 50 y 60 fueron años gloriosos para la industria del automóvil en *Estados Unidos*. Movidos por el bajo precio del combustible y una fuerte economía, los coches de esta época **crecieron en proporciones**, lo que se puede observar en la *Ilustración 14*.

Se decía que los coches Americanos iban un paso por delante de los europeos, en cuanto a diseño se refiere. Con la posterior **crisis del petróleo** en los años 70, los estudios de diseño perdieron grandes cantidades de dinero al no saber reaccionar rápidamente.



Ilustración 14 Chevrolet Bel Air



- **Los pasajeros, la prioridad:**

Sir Alec Issigonis creó un coche pequeño para **ayudar a Inglaterra** durante la crisis del petróleo. Su propuesta fue el *Mini* (**Ilustración 15**), el cual siguió en producción durante 40 años, vendiendo 5M de Uds. La **tracción delantera** y las ruedas de 10" dieron mayor comodidad a los pasajeros.



Ilustración 15 BMC Mini

- **Configuración con motor central:**

Charles & John Cooper vencieron con su poco potente *Formula 2 T45*, en el *Grand Premio de Argentina de F1* en 1958. Fue el primer coche con el **motor en la parte central**, lo que le dotaba de mayor estabilidad y aerodinámica. Desde entonces no ha vuelto a ganar un coche con motor delantero.

- **El británico Roadster:**

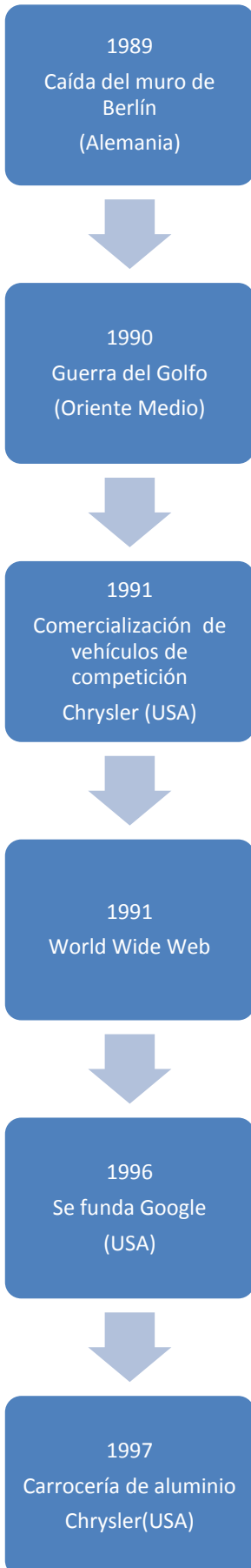
Colin Chapman fue un **innovador** dentro de los **coches ligeros** y diseñó varios iconos clásicos. El modelo *Lotus Elan* es un claro ejemplo de este tipo de arquitectura. Con un peso de tan solo 590 kg y una corta batalla de 2135 mm su carrocería fue desarrollada en el túnel de viento.

- **El lujoso SUV:**

El primer off-road fue el modelo *Jeep Wagoneer* (**Ilustración 16**), el cual inspiró muchos de los diseños posteriores. Dotaba al usuario de un **sentimiento de seguridad y status social**. Inicialmente los **SUVs** representaban un bajo porcentaje del mercado, pero hoy en día tienen un gran volumen de ventas.



Ilustración 16 Jeep Wagoneer



- **Efecto suelo:**

Diseñado por *Jim Hall*, el *Chapparel* fue el primer coche de carreras en emplear un **largo alerón** para crear fuerza de empuje contra el suelo para incrementar la tracción. Se aprendió mucho sobre aerodinámica y dinámica de los vehículos después de la *Segunda Guerra Mundial* y tomo al menos 20 años aplicar todo ese conocimiento.

- **El coche con portón trasero:**

El primer coche con portón trasero fue una versión del Citroën *Traction Avant* en 1954. Sin embargo el *Golf* (*Ilustración 17*) definió el concepto de la fórmula del coche familiar con **portón trasero** perfecto para Europa.



Ilustración 17 VW Golf

- **La Minivan:**

Al cambiar a tracción delantera, adaptar el habitáculo para dar prioridad a los pasajeros la *Chrysler Minivan* revolucionó el mercado creando un **vehículo largo muy eficiente**.

- **Los nuevos Micro coches:**

El *Smart* (*Ilustración 18*) fue diseñado específicamente para ofrecer un **método seguro y sencillo de aparcar** de transporte para dos personas. Su motor de 600 c.c. se ubica debajo del suelo trasero, y está dotado de un chasis muy rígido. Irónicamente, el aparcamiento perpendicular está prohibido en muchas ciudades europeas, por lo que el *Smart* no supone una gran ayuda.



Ilustración 18 Smart

1999

Se unen Chrysler y
Mercedes



2000

Venta del híbrido
"Insight"
Honda (USA)

- **Coches XXL:**

Durante los primeros años del nuevo milenio, se popularizaron modelos como el *Hummer H1*. Un vehículo adaptado de los **utilizados por los militares** durante la *Guerra del Golfo* en 1990.

- **Vehículo eléctricos para moverse por el barrio:**

La legislación de los *Estados Unidos* permite circular cierto tipo de vehículos por carreteras que no superen las 35mph, sin necesidad de pasar los test de choque. Esto ayuda a reducir peso, coste y las ventas de pequeños vehículos eléctricos [1].

La evolución histórica de la aerodinámica:

Antes de la aparición del primer coche, el estudio de los pájaros y los peces ya había revelado la **forma idónea** para desplazarse por los **fluidos**, aunque tuvieron que pasar algunas décadas para que estos conocimientos se aplicasen a la forma de las carrocerías. En las experiencias aerodinámicas de principios del **siglo XX**, toda la forma del coche debía estar enfocada a conseguir la mejor penetración en el aire en pos de una mayor velocidad.



Ilustración 19 Vehículo con forma de gota

Los **ensayos** dieron lugar por un lado a carrocerías con "forma de gota" como se aprecia en la **Ilustración 19**, con modelos como el *Rumpler Tropfenwagen* de 1914, el *Alfa Ricotti* de 1919 o el efímero *Dymaxion* de *Buckminster Fuller* (1933) y por otro lado a coches de competición como el *Benz Tropfen* de 1921 y los *Auto Unión de Porsche* en los **años 30**. Estos principios apenas se plasmaron en coches de producción hasta mediados de los **años 30**, cuando a ambos lados del Atlántico nacieron el *Tatra T77* y el *Chrysler Airflow* (1934), y algunos años más tarde el *VW Type 1* (**Ilustración 20**) y el *Citroën 2CV* [3].

Si los **primeros** tuvieron un **escaso éxito comercial**, los **segundos** fueron un ejemplo práctico de lo que la **aerodinámica** podía aportar al automóvil. Los coches “populares” tendrían que ser eficientes, ligeros, capaces y con motores pequeños, y su forma con baja resistencia al viento los haría capaces de cumplir con todo eso.



Ilustración 20 VW Type 1

Con la *Segunda Guerra Mundial* y la lenta recuperación europea, los pequeños coches aerodinámicos diseñados durante los **años 30** tuvieron que esperar casi 20 años para que el mercado estuviese en disposición de comprarlos, y para entonces las necesidades habían cambiado y los **diseños** se quedaron **obsoletos**. La estandarización de los métodos de producción redujo la posibilidad de hacer coches “diferentes” a gran escala y esto unido a un largo **periodo de bonanza** en los precios del petróleo, hizo que la aerodinámica pasase a un segundo plano. En *Estados Unidos* la fiebre de la **carrera espacial** trasladó a los coches muchos elementos del diseño heredados de la **aeronáutica** pero éstos tenían más **función decorativa** que técnica.



Ilustración 21 Citroën DS

En Europa la visión avanzada de *Jean Lefebvre* y *Flaminio Bertoni* dio lugar al *Citroën DS* ([Ilustración 21](#)), con un diseño basado en la aerodinámica y cuyo ADN se ha perpetuado en modelos de *Citroën* hasta la actualidad... pero no tuvo un efecto de respuesta en el resto de las marcas. Por tanto durante algunas décadas la puesta en práctica de los **estudios aerodinámicos** quedó limitada a las estilizadas carrocerías de coches deportivos (*Jaguar E-Type*, *Ferrari 250*, *Mercedes SL...*) mientras en los coches más cotidianos se redujo a **redondear las aristas** de las carrocerías, no en el de reinventar el automóvil. Todo pudo haber cambiado cuando en el campo de la competición, a caballo de los **años 60 y 70**, comenzó a usarse la fuerza del viento con un sentido diferente: el de **mejorar la adherencia** de los coches.

Los alerones, faldones y entradas de aire comenzaron a formar parte del lenguaje del diseño de los vehículos de producción...

El **cataclismo social** que supuso el alza del precio del **petróleo** durante los años 70 transformó la forma en la que se entendían los automóviles y obligó a replantearse la construcción de motores, el diseño de carrocerías y los propios segmentos del mercado. Sus principales consecuencias fueron, por un lado, el auge de los coches compactos y por otro la vuelta a la exploración de diseños que optimizasen la aerodinámica. Como resultado surgieron los **compactos modernos**, con el *Golf* y el *Honda Civic* como principales representantes.



Ilustración 22 Lancia Stratos

La vuelta al **desarrollo de la aerodinámica** se plasmó en el diseño de deportivos de extrema **limpieza de líneas**, como el *Lancia Stratos* (*Ilustración 22*) de 1971 o el *Lotus Esprit* de 1973, y también conceptos radicalmente renovadores como el *Renault Espace* de 1984 (cuyo origen data de 1976). Esta nueva interpretación de la aerodinámica trajo una tendencia generalizada a los morros afilados y las esquinas redondeadas en los coches de los **años 80**, incluso en los más pequeños como el *Citroën AX* cuya publicidad rezaba "Adiós al viento en contra". El estilizado *Opel Calibra* de 1989 quedó como icono de aquella época con su Cx de 0'26. A pesar de la evolución, desde principios de siglo y hasta ese momento la idea de un coche aerodinámico seguía ligada al perfil de su carrocería y lo inclinado de su frontal. Quizá por eso la imagen del *Renault Espace* (*Ilustración 23*) fotografiado junto al tren de alta velocidad francés (TGV) parece un calco de la del *Chrysler Airflow* junto a la locomotora aerodinámica *M-10000 Streamliner* (*Ilustración 24*) de la *Union Pacific*.



Ilustración 23 Renault Space-(TGV)



Ilustración 24 Chrysler Airflow-Streamliner

Desde **los años 90** las líneas exteriores de los coches se han vuelto muy variadas, las formas de gota han quedado restringidas al segmento de los **coches ultra eficientes** (*Toyota Prius (Ilustración 25), Honda Insight...*), y el auge de los **SUV** parece haber hecho olvidar los morros afilados de dos décadas atrás. Esto no significa que la aerodinámica no importe, sino que los fabricantes y los diseñadores la han hecho invisible.



Ilustración 25 Toyota Prius

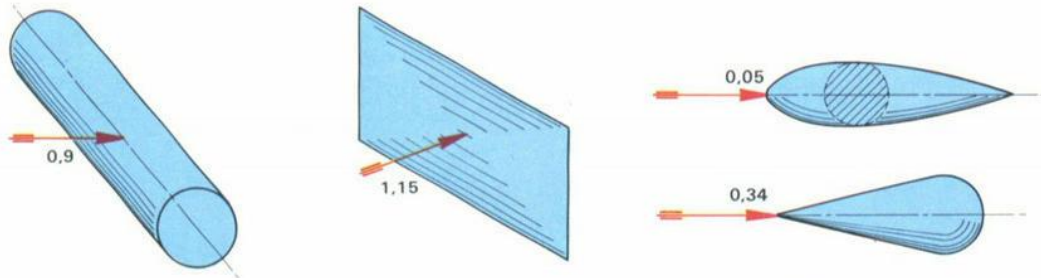
El **estudio de los flujos de aire** en la carrocería y los bajos, la búsqueda de una menor altura total de los coches o la mejora en las uniones de las planchas y plásticos ha mejorado este aspecto de forma imperceptible, y no sólo con coches de planteamiento radical como los *Audi A2* y *VW Lupo 3L*. El *Mercedes Clase E Chupé* con su C_x de 0'26 no sólo iguala al de *Toyota Prius* sino que además obtiene un dato mejor que un icono del **siglo XX** como el *Citroën DS*. Ahora su hermano pequeño, el *CLA (Ilustración 26)* ubica su coeficiente de resistencia al viento en 0'22, el mejor de la historia para un **coche de producción**, menor que el del extraplano *Porsche 918*.

La aerodinámica ya no depende de formas fluidas o afiladas, sino de la **canalización de los flujos de aire**, algo que requiere mucho más trabajo de desarrollo pero que el ojo apenas puede encontrar [28]. En la *Ilustración 27* se pueden observar los coeficientes aerodinámicos de diferentes geometrías.



Ilustración 26 Mercedes CLA

COEFICIENTES C_x PARA ALGUNOS SÓLIDOS Y DIVERSOS AUTOMÓVILES



En la tabla se indican los valores de C_x para un cilindro, una placa plana, un perfil ahusado y un cono, atacados por el viento en el sentido de la flecha. A continuación se dan los C_x de varios automóviles de gran difusión, según valores extraídos preferentemente de un estudio de la M.I.R.A. (Motor Industry Research Association). La comparación entre dos vehículos no puede efectuarse tomando sólo como referencia el C_x , sino que hay que tener en cuenta también el valor de la sección frontal: el producto de los dos valores es proporcional a la resistencia aerodinámica. Como ejemplo, indicamos, al principio de la tabla, los C_x de dos coches antiguos: Fiat Balilla de 1932 y Lancia Aprilia de 1937.

0,60	0,47	0,52
0,48	0,48	0,47
0,46	0,44	0,44
0,43	0,42	0,42
0,42	0,42	0,42
0,41	0,41	0,40
0,39	0,39	0,38
0,38	0,37	0,35
0,34	0,34	0,33
0,31	0,30	0,30

Ilustración 27 Coeficientes C_x

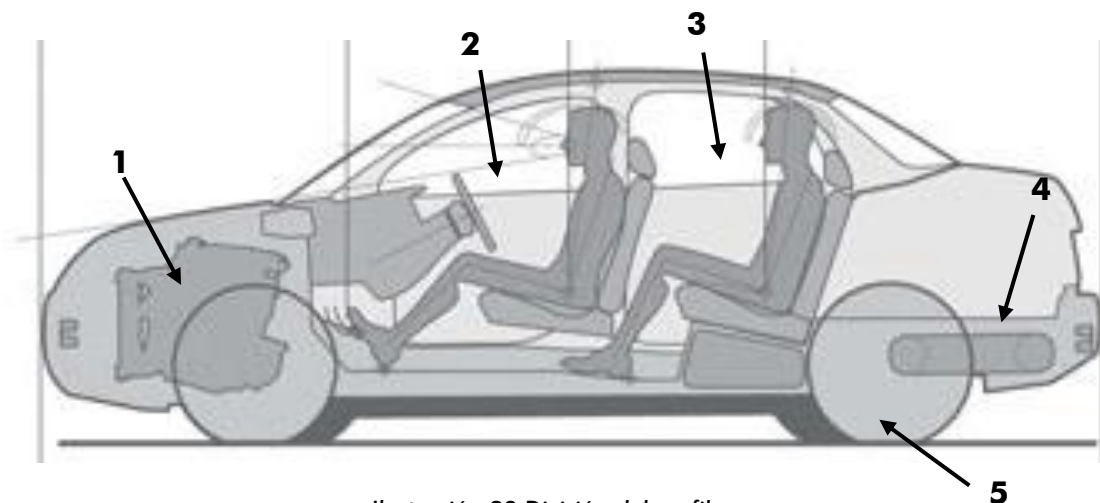
3. TAMAÑOS Y PROPORCIONES

Dimensionando el prototipo:

Después de realizar la idea inicial, el siguiente paso es **determinar el tamaño del vehículo**. Después de realizar el posicionamiento de los ocupantes del vehículo, teniendo en cuenta los conceptos del capítulo anterior, se realiza un modelo a escala del perfil del vehículo.

- *Proporciones horizontales del perfil:*

1. **Estructura de impacto frontal y motor:** La ubicación y orientación del motor afecta significativamente a las proporciones de la parte delantera.
2. **Zona del conductor:** Está determinado por la altura del asiento y la posición de las piernas del conductor. Una mayor altura del asiento reduce el ancho necesario.
3. **Zona de los pasajeros traseros:** La distancia entre los ocupantes delanteros y traseros afecta directamente a la longitud total del vehículo. Estará determinada por la comodidad que se les quiera proporcionar.
4. **Estructura de impacto trasera y maletero:** Este espacio es utilizado para ubicar la carga, la rueda de repuesto y el tanque de gasolina.
5. **Diámetro de las ruedas:** Fija el tamaño de las llantas así como el tipo de neumático que se utilizará para obtener el diámetro total de la rueda. Hay que tener en cuenta la holgura necesaria para que la suspensión pueda realizar su recorrido [1].



La medida más importante a fijar en este apartado es el **ancho de batalla**. Como el prototipo será una evolución del *Nissan Leaf*, se utilizará el mismo ancho de batalla de **2700mm**. Con esto se reducen costes, manteniendo la base mecánica y una parte de la línea de producción.

Realizar un estudio de los diferentes vehículos del mercado y sus proporciones, resulta de gran utilidad para terminar de fijar las referencias.

- **Proporciones verticales del perfil:**

1. **Espacio superior:** Distancia entre la superficie interior y exterior del vehículo en la parte superior necesaria para colocar el revestimiento, el bastidor y techo panorámico.
2. **Espacio libre hasta el techo:** Distancia entre el punto H y la superficie interior del techo.
3. **Estructura inferior:** Espacio entre el suelo del vehículo y el exterior necesario para ubicar chasis, baterías eléctricas y eje de transmisión.
4. **Distancia al suelo:** Espacio que evita el choque de la superficie inferior del vehículo al pasar por badenes, baches, rampas y bordillos.
5. **Altura del asiento:** Medido desde el suelo del vehículo hasta el punto H. Una altura baja ayuda a reducir el área frontal y bajar el centro de gravedad del vehículo.
6. **Altura total:** Aunque una altura menor reduce la resistencia aerodinámica al avance, hay que tener en cuenta la comodidad de los ocupantes y su visibilidad. Hay que tener en cuenta la limitación de altura en parkings, túneles y pasos de altura reducida [1].

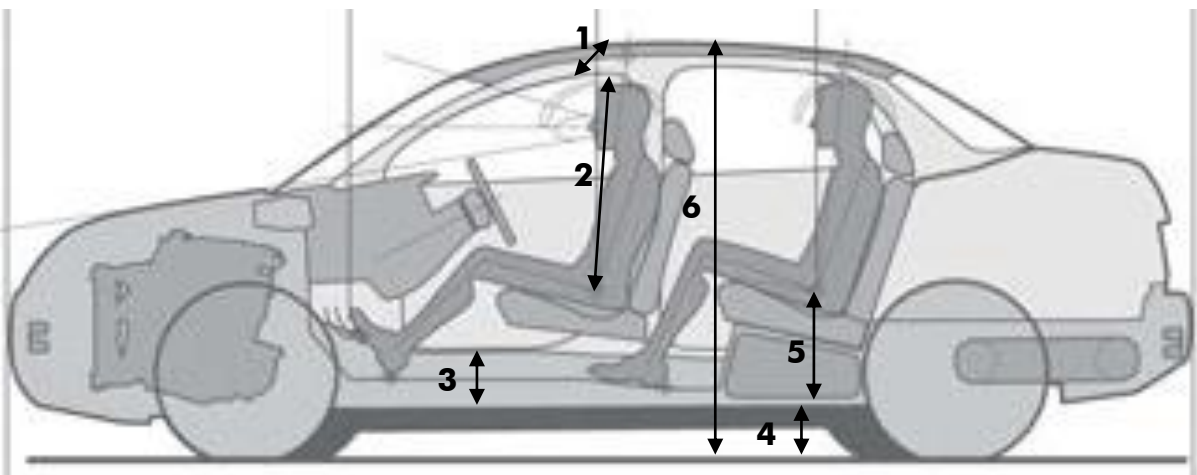


Ilustración 29 División del perfil

- **Proporciones en la vista lateral:**

1. **Espacio de hombros:** Medido entre los paneles interiores de las puertas, fija en gran parte el tamaño interior y la comodidad de los ocupantes.
2. **Localización lateral de los ocupantes:** Se puede optar por distintas configuraciones por fila de un pasajero, dos, tres... Limitada por el ancho del coche.
3. **Construcción de la puerta:** Hay que tener en cuenta el perfil de la puerta necesario para bajar el cristal de la ventanilla, el mecanismo de apertura y la estructura lateral.
4. **Ancho de vía:** Distancia entre los centros de las ruedas, afecta a la estabilidad del vehículo y su viraje. Al igual que el ancho de batalla esta medida se mantiene del Leaf, siendo de 1530 en el eje delantero y 1525 en el trasero.
5. **Ancho total:** El ancho es la medida más regulada por las autoridades para garantizar la funcionalidad del vehículo, aunque esto solo afecta a casos extremos. Hay que tener presente que esta medida afecta al área frontal y por tanto a la aerodinámica directamente [1].

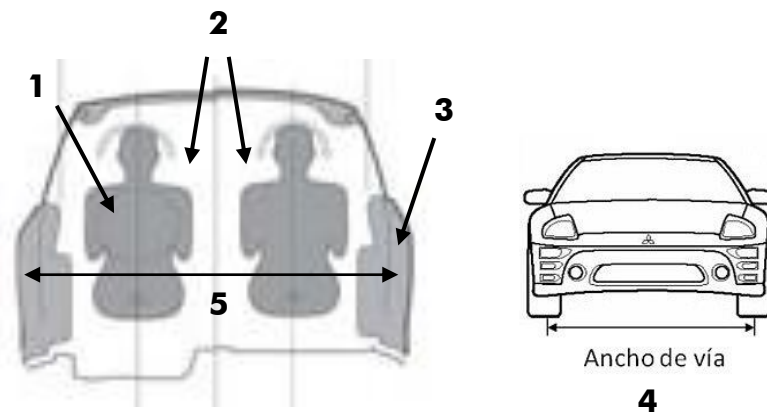


Ilustración 30 División lateral

Una vez elegidas todas las características del vehículo, se puede realizar un boceto del perfil a escala básico, en el que se sitúen los ocupantes y se defina contorno exterior.

Los números de Renard:

A la hora de iniciar el diseño, existen infinitas medidas que se pueden utilizar en cada elemento. Para **normalizar** las medidas utilizadas por los diseñadores se curre a la norma *ISO 3:1973*. Dicha normativa hace referencia a los números de Renard como **números preferentes**.

Los números preferentes, también conocidos como valores preferentes, son una guía estándar utilizada en **diseño industrial** para seleccionar valores característicos de un producto.

Durante la **fase de diseño**, los desarrolladores de productos deben definir valores tales como largo, ancho, volumen, distancia, diámetro, y otros parámetros característicos del producto en desarrollo. Si bien estos valores están determinados por consideraciones de funcionalidad, usabilidad, compatibilidad, seguridad o costo, usualmente hay cierta libertad en el momento de seleccionar el valor exacto de un parámetro o magnitud. Los números preferentes brindan una serie de guías para seleccionar el valor final que asegure ciertas características estándar y de **compatibilidad** entre diseños y partes.

Su uso incrementa la probabilidad de que otros diseñadores hagan la misma selección. Esto es particularmente útil cuando los valores seleccionados afectan la compatibilidad.

Los números preferentes son tales que cuando un producto es fabricado en diferentes tamaños los mismos se encuentran aproximadamente equidistantemente espaciados en una **escala logarítmica**. En consecuencia, se minimiza la cantidad de diferentes tamaños que deben ser manufacturados o almacenados.

Como los números de *Renard* se repiten después de 10 pasos o tras un cambio de escala, son idóneos para utilizarse con **unidades del Sistema Internacional**. No hay diferencia en utilizar las series de *Renard* con metros o kilómetros.

Los números de *Renard* son **cinco secuencias geométricas**. Una secuencia geométrica toma esta forma:

- Para R_n , por lo tanto: $10^{b/n}$, $10^{b/n}$, $10^{b/n}$, $10^{b/n}$, $10^{b/n}$ donde "a" es el factor de escala y $n \neq 0$ es la razón común, donde "b" es un número entero en el intervalo 0, 1, 2,3, etc. De este modo, los números preferentes son llamados los de la serie R5, R10, R20, R40 y R80

Los números de **serie Renard**, R_n , donde $a = 1$ y $r = ax^{10b/n}$. Para cada serie, se calculan los valores del 1 a 10, y luego redondeados. Como ejemplo, si $n = 5$ y $a = 1$, R_n se pueden calcular de la siguiente manera;

Para R_5 , Por lo tanto: $100/5 = 1$, $101/5 = 1.584... \sim 1.6$, $102/5 = 2.511... \sim 2.5$, $103/5 = 3.981... \sim 4.0$, $104/5 = 6.309... \sim 6.3$, $105/5 = 10$

Los números de la serie *Renard* se muestran en la **tabla 1** (para R_5 , R_{10} , R_{20} , R_{40} and R_{80}):

Designación Series Renard	Números preferentes									
R5:	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30					
R10:	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00
R20:	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00
	1.12	1.40	1.80	2.24	2.80	3.55	4.50	5.60	7.10	9.00
R40:	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.0	5.00	6.30	8.00
	1.06	1.32	1.70	2.12	2.65	3.35	4.25	5.30	6.70	8.50
	1.12	1.40	1.80	2.24	2.80	3.55	4.50	5.60	7.10	9.00
	1.18	1.50	1.90	2.36	3.00	3.75	4.75	6.00	7.50	9.50
R80:	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00
	1.03	1.28	1.65	2.06	2.58	3.25	4.12	5.15	6.50	8.25
	1.06	1.32	1.70	2.12	2.65	3.35	4.25	5.30	6.70	8.50
	1.09	1.36	1.75	2.18	2.72	3.45	4.37	5.45	6.90	8.75
	1.12	1.40	1.80	2.24	2.80	3.55	4.50	5.60	7.10	9.00
	1.15	1.45	1.85	2.30	2.90	3.65	4.62	5.80	7.30	9.25
	1.18	1.50	1.90	2.36	3.00	3.75	4.75	6.00	7.50	9.50
	1.22	1.55	1.95	2.43	3.07	3.87	4.87	6.15	7.75	9.75

Tabla 1 Series Renard

Algunos valores redondeados son deseables para su uso en algunas aplicaciones, depende de cuánta exactitud necesitemos. Para el número de menos preciso, que puede ser elegido por el (R ') o (R ") de los números de *Renard*. Por ejemplo;

R_{10}' : 1.0, 1.3, 1.6, 2.0, 2.5, 3.2

R_{10}'' : 1, 1.2, 1.5, 2, 2.5, 3

4. SEGURIDAD Y ERGONOMÍA

Seguridad:

La seguridad se divide en dos áreas:

- **Pasiva:** su objetivo es proteger a los ocupantes en caso de accidente. En ella se engloban cinturones de seguridad, airbags, zonas de absorción del impacto, asientos y cabeceras, interruptor inercial (en caso de choque interrumpe la alimentación de corriente de la bomba de combustible) y sistema de prevención de incendios.
- **Activa:** sirve para evitar accidentes. Aglutina los sistemas de frenos, luces, control de tracción, control de estabilidad y bloqueo electrónico del diferencial, además de la ergonomía.

Dos de los inventos más importantes a nivel de **seguridad pasiva** fueron:

- **El cinturón de seguridad:**

Inventado por el ingeniero sueco *Nils Böhlín* en 1936, en un principio para los pilotos de las "Air Forces". En 1959 se creó el cinturón de seguridad que en la actualidad incorporan todos los vehículos, con una banda abdominal y otra diagonal con cierres y puntos de anclaje (cinturón de tres puntos).

- **El airbag:**

La marca *Porsche* comenzaría a trabajar con airbags en el año 1970. *Mercedes* puso en el mercado los primeros coches equipados con "airbag" en 1981. El uso del airbag reduce en un 20% la probabilidad de sufrir lesiones mortales tanto para el conductor como para el pasajero delantero.

Se puede observar el estancamiento que sufre este campo, el cual no ha evolucionado los diseños originales prácticamente.

Cualquier colisión genera, por las fuerzas actuantes, ondas vibratorias que se van transmitiendo desde el lugar del vehículo donde se ha producido el choque hasta el cuerpo del ocupante, a través de los materiales del propio automóvil. Cuando estas vibraciones llegan al cuerpo, se encuentran con que éste actúa como un sistema amortiguador provocando su cese, la disminución de la intensidad y su interferencia o la concentración de éstas en zonas corporales alejadas al lugar del impacto. Actúa el cuerpo, como un sistema cinético cerrado donde su articulación terminal carece de libertad de movimientos y es capaz de transmitir las fuerzas del impacto en determinadas direcciones [13].

Una de las situaciones más graves con las que se enfrenta la sociedad actual es el número cada vez mayor de víctimas por accidentes de tráfico. Este hecho es evidente tanto en países en vías de desarrollo como en aquellos de ingresos medios-altos. En los primeros, no hay una inversión económica importante tanto en infraestructuras como en planes de prevención y asistencia sanitaria. Por otro lado, en los países desarrollados, los automóviles constituyen el grueso del tráfico rodado.

Según la *Organización Mundial de la Salud (OMS)* hay una media de un coche por cada 2 o 3 habitantes y además los coches son cada vez más potentes y equipados con sistemas de seguridad más avanzados, lo que favorece en muchos casos a aumentar la confianza del conductor, convirtiéndose en un riesgo.

Así lo demuestra un estudio realizado por la **OMS** en 2002, donde se muestra que la tasa mundial de mortalidad por traumatismos por accidentes de tráfico fue de 19 por cada 100.000 habitantes. Esta tasa fue inferior en los países con mayor capacidad económica y superior en los menos desarrollados. La mayoría de los accidentes y traumatismos se pueden prevenir, y por lo tanto, evitar. De tal manera que el costo de la seguridad vial podría financiarse mediante el ahorro derivado de la prevención de accidentes y traumatismos. La **OMS** estima que si la tendencia actual se mantiene, en 2020 el número actual de muertos y discapacitados por accidentes de tráfico habrá aumentado en más del 60%, convirtiéndose en el tercer factor más importante de la lista de la **OMS** de los principales factores que contribuyen en la carga mundial de mortalidad y traumatismos [27].

- El tipo de lesión y la gravedad están influenciados por la colocación de asiento, respaldo, reposacabezas y la forma particular de sentarse.
- Las lesiones en el interior del vehículo se producen por los diferentes movimientos del cuerpo en la colisión.
- La utilización conjunta del cinturón de seguridad y airbag previene y reduce la gravedad de las lesiones.
- El reposacabezas, asiento y respaldo cumplen una función determinante en el momento de la colisión y en la posterior gravedad de las lesiones asociadas.



Ilustración 31 Ensayo Euro NCAP

- **Los ensayos de seguridad:**

Por ley, todos los nuevos modelos de coche tienen que superar una serie de ensayos de seguridad antes de comercializarse. De este modo se proporciona un estándar mínimo de seguridad obligatorio para todos los coches.

A parte de la experiencia de los fabricantes respecto a modelos anteriores, una de las partes más importantes en la concepción del diseño, es la realización de simulaciones. Los análisis estructurales y de simulación otorgan una gran información a la hora de perfeccionar un diseño.

En la actualidad, la protección del medio ambiente es una de las principales preocupaciones de la sociedad y las investigaciones de la industria de la automoción se encaminan en dos direcciones principalmente: contaminación acústica y las emisiones contaminantes. A la hora de elegir los materiales en el diseño interior, evaluar su absorción sonora y su capacidad para ser reciclados.

Por tanto es una obligación diseñar teniendo en cuenta los criterios de seguridad, tanto para ocupantes como para peatones. Buscar la innovación en esta materia, más allá de las exigencias mínimas, creando un entorno seguro para todos y ecológico.

Aunque muchos de los ensayos se pueden simular por ordenador, es indispensable realizar pruebas con los prototipos y los modelos una vez fabricados. La **Euro NCAP** (*European New Car Assessment Programme*), es un programa de seguridad apoyado por siete gobiernos europeos, la mayoría de fabricantes importantes y organizaciones relacionadas con el sector de todo el mundo. Ofrece a los consumidores de automóviles una evaluación realista e independiente de seguridad de alguno de los modelos más populares de coches que se venden en *Europa* [28]. Sus ensayos consisten en:

- Frenado de emergencia autónomo
- Impacto frontal (**Ilustración 31**)
- Impacto lateral del vehículo contra otro vehículo
- Impacto lateral de poste
- Protección de niños
- Protección de los peatones
- Latigazo cervical
- ESC (Control electrónico de estabilidad)
- Testigo de aviso del cinturón de seguridad
- Sistemas de control de velocidad

Ergonomía:

La ergonomía es un factor determinante a la hora de realizar un diseño. El diseño tiene que adaptarse a las necesidades y biomecánica del usuario, resultando un producto seguro, eficiente, cómodo y no genere patologías en el individuo.

Para ello se tendrán en cuenta los datos antropométricos del usuario tipo, los riesgos de utilización del vehículo, así como adaptar el habitáculo del vehículo para crear un entorno seguro y cómodo. La ergonomía es un elemento de seguridad activa, vital para minimizar el tiempo de reacción del conductor.

Hay que recordar que la persona que conduce un coche, es responsable del manejo de una máquina.

La ergonomía o soluciones ergonómicas pueden dividirse en tres niveles:

- El primero ofrece soluciones para el pilotaje directo, como el equilibrio en la colocación del asiento, pedales y volante.
- El segundo se ocupa de ofrecer un acceso rápido y controlado a los instrumentos de navegación, como los interruptores de las luces, la regulación de espejos o los ajustes de la temperatura.
- El tercero procura intuición y sencillez en el manejo de otras funciones, ajenas a la conducción pero no al viaje, como la apertura y llenado del maletero o el uso del equipo de sonido. Con mayor o menor desarrollo, cada uno de los tres niveles funcionará si logra lo que busca, el confort y bienestar para garantizar un buen viaje.

Para realizar un diseño ergonómico en estos tres niveles, hay que tener en cuenta que: Los asientos ya no están subordinados a la estética y, ante todo, deben procurar comodidad porque así aumenta la seguridad del ocupante; los paneles de control deben ser claros, pero también evitar distracciones; el maletero ha de ser amplio, pero también facilitar su llenado. Todo ello beneficia la conducción y, si bien los adelantos más sofisticados se encuentran en modelos de alta gama, su extensión a los utilitarios más sencillos se demora cada vez menos.

Según un informe de la plataforma de vehículos en la red *AutoScout24* [9], un 41 % de los conductores de más edad recela de la ergonomía aplicada a los modelos nuevos por entender que no se adaptan a sus especiales necesidades y morfología. Este tramo de edad entre los conductores demanda una mayor amplitud que permita estirar las piernas, ventanas más grandes para poder ver bien todo el entorno y asientos más altos que ayuden a mitigar dolores y lesiones de espalda.

La normativa *UNE-EN 614-2:2001+A1* rige las directrices a seguir a la hora de desarrollar un producto ergonómico. Según la norma *UNE-EN 614-2* y recogido en la figura 27 (*UNE-EN 614-2:2001+A1, 2008, 23*), el diagrama de flujo en un proceso de diseño ergonómico debe ser como el representado en la **Ilustración 32**:

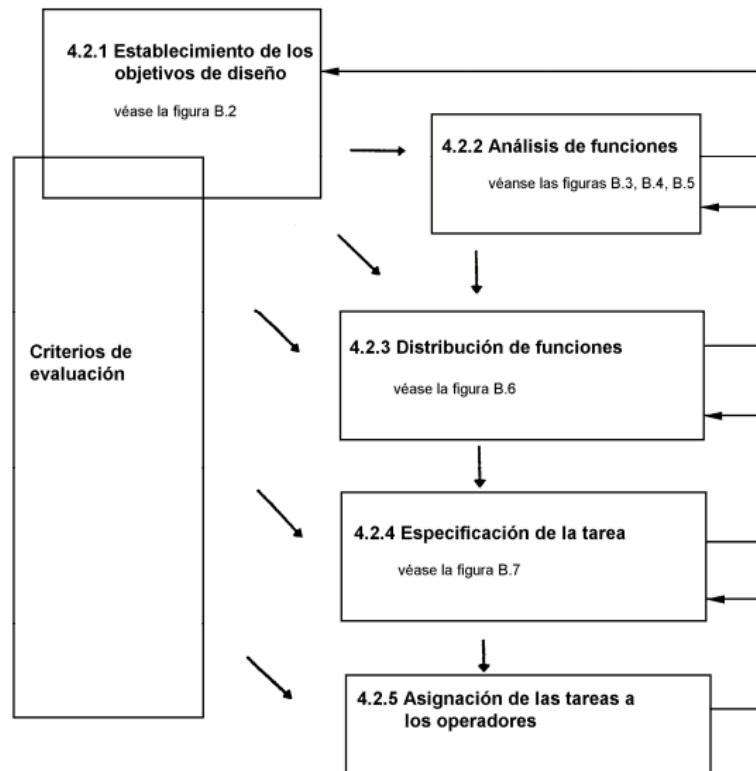


Ilustración 32 Diagrama de flujo diseño ergonómico

Según esta norma se deben seguir los siguientes pasos a la hora de crear un diseño desde este punto de vista:

- Basarse en normativas referentes a ergonomía
- Utilizar la experiencia adquirida en la proyección de otros modelos o analizar modelos similares ya existentes.
- Tener en cuenta las características de la población a la que va dirigida, intentando agrupar el mayor número de personas que puedan utilizar la maquina, siendo esta así accesible para un gran número de personas.
- Generalmente se tiene en cuenta en el diseño la población comprendida entre los percentiles 5 y 95.
- Realizar una evaluación de riesgos de la maquina.

La antropometría:

Una variable antropométrica es una característica del organismo que puede cuantificarse, definirse, tipificarse y expresarse en una unidad de medida. Las variables lineales se definen generalmente como puntos de referencia que pueden situarse de manera precisa sobre el cuerpo.

Las variables antropométricas son principalmente medidas lineales, como la altura o la distancia con relación al punto de referencia, con el sujeto sentado o de pie en una postura tipificada; anchuras, como las distancias entre puntos de referencia bilaterales; longitudes, como la distancia entre dos puntos de referencia distintos; medidas curvas, o arcos, como la distancia sobre la superficie del cuerpo entre dos puntos de referencia, y perímetros, como medidas de curvas cerradas alrededor de superficies corporales, generalmente referidas en al menos un punto de referencia o a una altura definida.

Existe variabilidad entre las dimensiones del cuerpo de diferentes personas, debida a factores como la edad, género y etnia de las mismas. Esta variabilidad hace que sea necesario medir a la población de personas que usará un elemento, de tal manera que se diseñe el mismo basado en los rangos en los que se mueven cada una de las medidas de cada persona que conforma dicha población. Para esto, se deben expresar las medidas de una población específica de trabajadores en tablas que muestren para cada una, la desviación estándar y los percentiles.

Se pueden considerar las dimensiones antropométricas como variables continuas que se distribuyen según una curva de distribución normal.

Los percentiles nos dan la medición para una característica física por debajo de la cual un cierto porcentaje de la población queda incluido.

Por ejemplo, el percentil 5 para la altura del ojo entre la población de mujeres es de 143cm. Esto significa que el 5% de las mujeres tienen los ojos a una altura menor de 143cm.

Por tanto, el percentil 95 de hombres y el 5 de mujeres, proporcionan los datos para los casos más extremos [8].

La base de datos más utilizada en diseño, es la recopilada por la **Society of Automotive Engineers (SAE)** denominada **CAESAR, Civilian American and European Surface Anthropometry Resource**. La cual contiene datos antropométricos y modelos 3D de cerca de 4000 individuos de *Norte América* y *Europa*. Estos datos son obtenidos tanto de hombres como de mujeres comprendidos en edades entre los 18 y 65 años. Pertenecientes a una gran variedad de grupos étnicos, regiones geográficas, pesos y estatus socioeconómico. El estudio fue realizado entre los años 1998 y 2000 [30].

También se realizó una base de datos de modelos 3D válidos para todos los formatos utilizados por los software de **CAD**, mediante escaneado tridimensional. La importancia de estos modelos es la posibilidad de comprobar el prototipo realizado por ordenador para diferentes poblaciones.

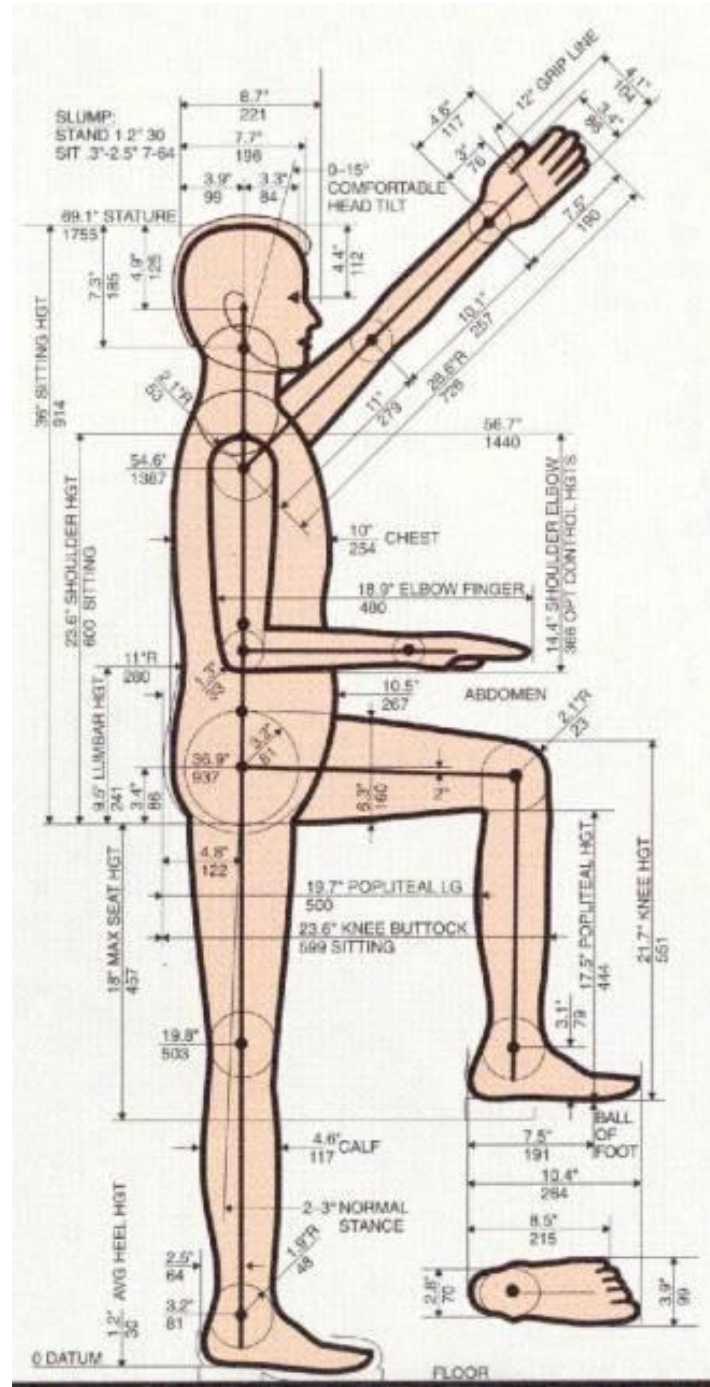


Ilustración 33 Percentil 95

Durante el desarrollo del proyecto serán necesarias las tablas de la base de datos para realizar los primeros bocetos en papel. Y los modelos 3D para realizar las comprobaciones del diseño en ordenador. Los datos antropométricos se han obtenido de la norma *UNE-EN ISO 14738*, siendo los mismos que los representados en la **Ilustración 33**.

H-Point:

El punto de referencia más importante en el diseño de vehículos es el *hip-point* (**Ilustración 34**). También conocido como el **R-Point** o punto de referencia de asiento. La mayoría de elementos del interior están diseñados con referencia a este punto, y su variación afecta a todo el vehículo [1].

La **SAE** ha creado una serie de herramientas para determinar diversos parámetros que afectan al diseño a partir de este punto de referencia, tales como; rangos de visión, alcance de los brazos, visión lateral...

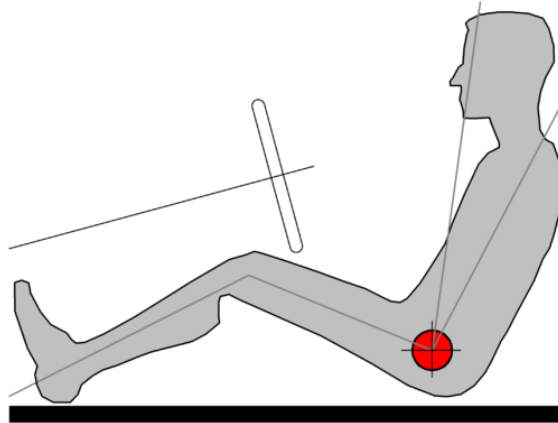


Ilustración 34 Punto H en rojo

Otros puntos de referencia importantes proporcionados por la **SAE**, relativos a la posición del conductor de un vehículo serían:

- El punto del talón en el acelerador: Define la altura del suelo respecto al suelo necesaria para mantener una posición cómoda en un **H-Point** determinado.
- Punto del eje metatarsial: Define el punto en el que es accionado el acelerador. Es una referencia principal para los ensayos de aplastamiento por impacto frontal.
- Línea del torso: Define la inclinación de la espalda respecto al eje vertical.
- 95th percentil de elipse ocular: Representa la elipse tridimensional en la cual está incluida el rango de visión del 95 por ciento de los conductores. Está ligada al contorno de la cabeza.
- 95th percentil del contorno de la cabeza: Esta definido por el volumen que incluye la cabeza y sus rangos de movimientos del 95 por ciento de los conductores.
- Ángulos de visión: Determina los ángulos de visión superior e inferior en el plano de perfil.
- Punto de espacio libre con el techo: Es utilizado para determinar la altura del techo respecto al **H-Point**.
- El punto de la rodilla: Está completamente ligado a la posición del **H-Point**, y se utiliza para determinar el espacio necesario entre las piernas y el cuadro de instrumentos y la altura del volante.

La posición del **H-Point** afecta directamente a la geometría del coche, su aerodinámica, confort, visibilidad... Es el punto de referencia a la hora de crear un vehículo y por lo tanto, hay que definir las características que requiere diseño. Si es un vehículo deportivo, un camión; si se da prioridad a los pasajeros; si se quiere una mayor visibilidad; la altura del vehículo...

En el caso de un vehículo eléctrico de pasajeros, el punto **H** está situado para combinar un acceso fácil al vehículo y un relativamente, bajo centro de gravedad. La altura se suele situar entre 400 y 500mm, aunque una altura mayor dotará de una mayor sensación de seguridad y visibilidad a los ocupantes.

La inclinación de la espalda será de entre 22° y 24° para este tipo de vehículos y el espacio libre hasta el techo necesario de entre 990 y 1010mm.

Por una relación trigonométrica se obtiene que la altura del asiento respecto al suelo del vehículo oscila entre 200 y 250mm.

Estas referencias sirven para ubicar los planos principales del prototipo, representados en la **Ilustración 35**.

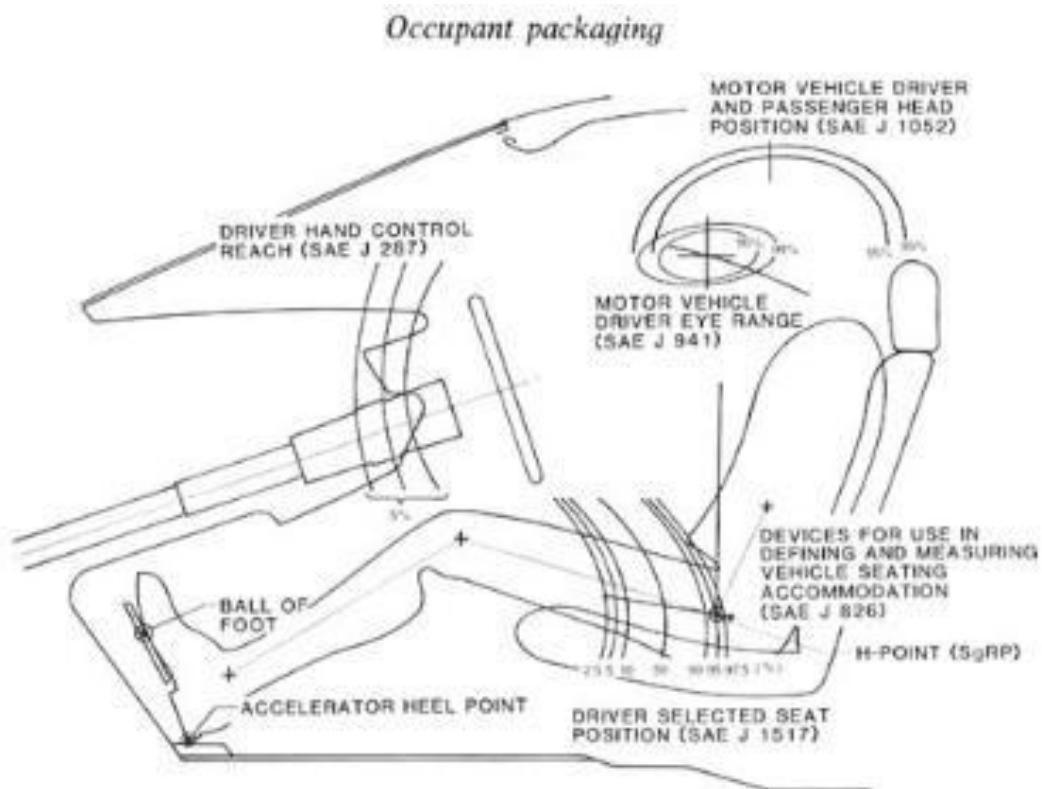


Ilustración 35 Puntos de referencia principales

5. TECNOLOGÍA APLICADA

El diseño modular:

El **diseño modular** es el diseño basado en la modulación reticular de espacios que permitan optimizar el tiempo de construcción y debido a que son transportables, desarmables y reorganizables permiten impulsar múltiples funcionalidades y su reutilización al generar un nuevo uso diferente al que fueron fabricados [14].

Un sistema modular se puede caracterizar por los siguientes párrafos:

- Partición funcional en discretas módulos escalables y reutilizables que consiste en aislados, autónomos elementos funcionales.
- Uso riguroso de interfaces modulares bien definidas, incluyendo descripciones orientado a objetos de la función del módulo.
- Facilidad de cambio lograr transparencia tecnología y, a la medida de lo posible, hacer uso de estándares industriales para interfaces clave.

Además de la reducción en los costos y la flexibilidad en el diseño, la modularidad ofrece otros beneficios como capacidad de personalización del vehículo por cada usuario y facilidad en las reparaciones. Un ejemplo de diseño modular son las computadoras, que utilizan la modularidad para superar las demandas cambiantes del cliente y poder realizar el proceso de fabricación más de adaptación al cambio. Una rama de vehículos ferroviarios modernos, particularmente los tranvías y automotores regionales ligeros también presentan un diseño modular. Ensamblados a partir de módulos por la cual la funcionalidad de las unidades se puede amoldar a la demanda, permitiendo incrementar la capacidad de transporte de pasajeros aumentando su longitud. También permiten la personalización, siendo adaptable a las necesidades y características de cualquier tipo de ciudad [2].

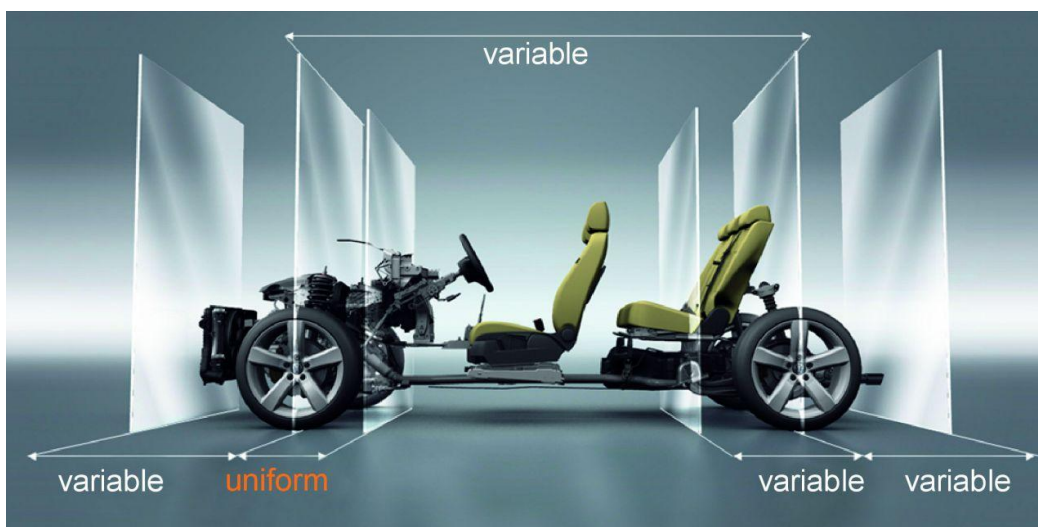


Ilustración 36 Diseño modular

El diseño modular es un intento de combinar las ventajas de la estandarización (alto volumen es igual a los bajos costos de fabricación) con los de personalización. Un aspecto negativo a la modularidad es que los sistemas no están optimizados para el rendimiento y las altas calidades.



Ilustración 37 Diseño Modular Fortwo

Aspectos del diseño modular que se pueden ver en los coches u otros vehículos es la existencia de ciertas partes del coche que pueden ser añadidas o quitadas sin alterar el resto del coche. Un vehículo de alta prestación modular es el *Smart Fortwo* (**Ilustración 37**). El *Smart* cuenta con paneles intercambiables, mediante el cual, el coche puede fácilmente asumir un aspecto diferente [26].

Motor eléctrico integrado en la rueda:

Una de las oportunidades que brinda el vehículo eléctrico es la de eliminar por completo el esquema de propulsión convencional con una única unidad propulsora, donde a día de hoy, la transmisión es la verdadera protagonista al enviar el par motor a cada una de las ruedas encargadas de mover el vehículo. Es decir, instalar el motor directamente en la rueda sin transmisiones intermedias es posible.

Prototipos como **Michelin Active Wheel** (**Ilustración 38**) ofrecen una ventaja única frente a los diseños convencionales ubicando todo el conjunto motopropulsor en el interior de la llanta que cubre el neumático. Tan sólo las conexiones eléctricas e hidráulicas que alimentarían los elementos de aceleración y frenado de la rueda seguirían siendo necesarios llegados a este punto. El resto del vehículo, se vería libre de cargas permitiendo adquirir nuevos roles y ofreciendo espacio donde antes no existía, como se puede observar en el diseño modular de la **Ilustración 40** [24].

Este diseño se apoya en la reducción máxima de la ocupación del propio espacio del vehículo. Todo ese espacio extra abre un nuevo mundo de ideas para albergar nuevos huecos de equipaje, emplazamiento de sistemas y subsistemas y ofrecer más libertad a los diseños para no verse penalizados por las necesidades de volumen y espacio interior.



Ilustración 38 Michelin Active Wheel

El tamaño de un propulsor eléctrico por muy potente que éste sea, apenas ofrece una dimensiones superiores a la tercera parte de un propulsor moderno. Aunque habrá que sumar la parte electrónica dedicada a la gestión energética, el sistema de almacenamiento energética (normalmente baterías) y en según qué casos un circuito de refrigeración. Teniendo todo esto en cuenta, el espacio necesario para el sistema motopropulsor de un vehículo eléctrico es muy similar al de un vehículo convencional a la postre, sin embargo su capacidad modular permite más opciones a la hora de maximizar la distribución del espacio.

Otra de las ventajas de este tipo de tecnología, es su acción individualizada e inherente capacidad para reducir la fuerza y la velocidad de la rueda interior de una curva y hacer lo contrario con las ruedas exteriores. Operando así, en cierta medida el coche cambiaría de dirección como haría un vehículo sobre orugas.

Además el potencial de respuesta a las órdenes del conductor es mayor, más directo y rápido, al intervenir todas las ruedas del coche activamente en los cambios de dirección, las directrices delanteras con el volante y las motrices alterando su fuerza de empuje. La respuesta también es más precisa.

La energía (o casi toda ella) se transvasa del motor de un lado al del otro lado, es decir, lo que se frena uno es la energía para que el otro se acelere, por lo que no supone un aumento de consumo eléctrico. También se solicitará menos a los neumáticos, y por tanto habrá menos rozamientos y pérdidas de energía en los neumáticos, que cuando se orientan con el volante en una dirección distinta a la que se desplaza el vehículo [31].

Otro aspecto vital en el vehículo eléctrico es el peso y su distribución, de ahí que cada vez se apueste más por la inclusión de las baterías y los componentes de gestión bajo el piso del vehículo para favorecer un centro de gravedad extremadamente bajo.

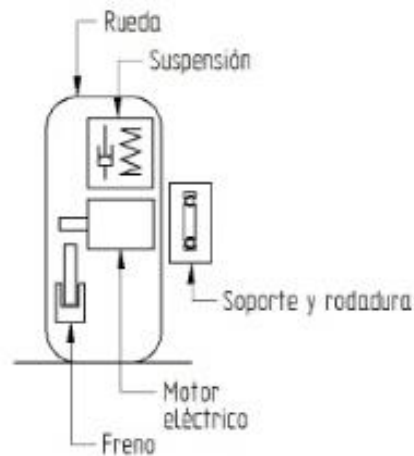


Ilustración 39 Composición rueda motor

Justamente es en el peso donde los propulsores eléctricos en la rueda encuentra un punto difícil de justificar, ya que ante la inclusión en los extremos de un peso no suspendido supeditado a las inercias del vehículo, verticales y horizontales, las reacciones ante cambios drásticos de apoyo no son precisamente favorables. Contar con un centro de gravedad lo más bajo posible y cercano al eje teórico de pivote del vehículo es una máxima al hablar de comportamiento y seguridad y, desplazar grandes masas a los extremos pone contra las cuerdas esta máxima.

La masa no suspendida, aquella que se encuentra entre el equipo de suspensión y el contacto con el asfalto, busca siempre la máxima ligereza para evitar tener que luchar con masas que lastren comportamientos y deformen las propiedades de los elementos durante la absorción de irregularidades. Un mayor peso en este lado del vehículo implica reacciones torpes y muy faltas de precisión conforme las irregularidades aumenten su magnitud y duración en el tiempo [25].

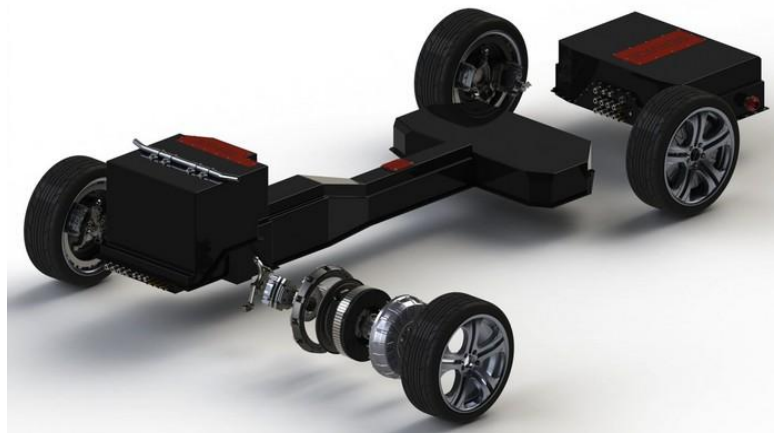


Ilustración 40 Sistema de transmisión modular

La **Michelin Active Wheel**, cuenta con un peso muy reducido de tan sólo 42 kilogramos por rueda incluyendo un sistema activo de suspensión, el sistema de propulsión/regeneración y el freno convencional mediante disco de fricción. Cada una de estas ruedas motorizadas aporta 40 CV, permitiendo un diseño completamente modular donde el fabricante podría definir infinitos tipos de vehículos empleando tracción delantera, trasera y total, contando además con un control pleno y en tiempo real sobre el par transmitido al asfalto por cada una de las ruedas motorizadas.

Junto a *Michelin*, otro de los fabricantes que más ha apostado por evolucionar esta tecnología ha sido **Protean** (*Ilustración 41*) y su visión de las ruedas motorizadas enfocadas a un aspecto mucho más prestacional. Hablar de 110 CV por rueda con 800 N·m transmitidos de forma directa con mínimas pérdidas parece un diseño atractivo, y **Protean** habla de pesos máximos de 31 kilogramos sin inclusión de ningún tipo de suspensión [24].

Pero una vez más, el concepto de masa no suspendida vuelve a hacer acto de presencia, mostrando como el contacto directo de este conjunto con todo aquello que sucede en el asfalto necesita de un gran desarrollo técnico para ofrecer durabilidad en esta solución de propulsión. Un eje motriz que soporta alrededor de 40 kilogramos de masa sobre su rodamiento, absorbiendo desperfectos que pueden multiplicar la fuerza vertical por decenas de veces el peso en reposo, supone todo un desafío de cara a ofrecer rentabilidad frente a la disposición clásica de motor y transmisiones.

La conclusión parece más que evidente después de todo: reducir el peso al máximo. Y éste es el punto donde se encuentra la tecnología de ruedas motorizadas en este momento, desarrollando componentes más resistentes ante las exigencias de su ubicación, pero que a la vez sean más ligeros favoreciendo su desempeño como alternativa a la ubicación propulsora convencional. Y todo eso, sin abandonar la rentabilidad...

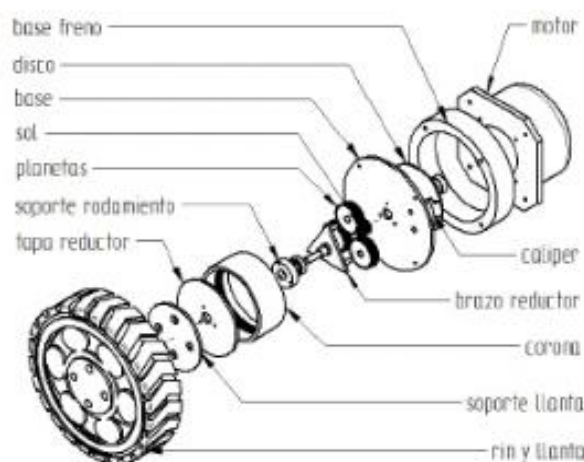


Ilustración 41 Despiece rueda motor

HUD proyectado en el parabrisas:

Los sistemas de **información en el parabrisas** son todavía algo muy poco habitual en los coches, si bien algunos modelos bastante populares y no muy caros, ya equipan un sistema **HUD** básico, pero funcional (como por ejemplo el *Toyota Prius*), aunque lo normal es que sea un equipamiento opcional y en modelos más bien caros o lujosos.

Sin embargo poco a poco los diferentes fabricantes están apostando por este sistema y es muy probable que de aquí a unos diez años esté mucho más generalizado. La ventaja del sistema es clara: permite visualizar datos fundamentales durante la conducción frente a la línea de nuestros ojos, sin requerir que apartemos la vista de la carretera ni medio segundo [20].

HUD (Head-Up Display)(*Ilustración 42*), es decir, un visualizador que podemos ver con la cabeza alta, sin agacharla, ni apartar la mirada del horizonte. Nació como tal en la aviación militar, para añadir información relevante de vuelo y mira de objetivo sobre el vidrio de la cabina.

Se basa en el principio de **reflexión** de la luz sobre un vidrio. La reflexión tal cual no suele resultar en imágenes siempre nítidas o contrastadas, así que suelen añadirse algunos factores más a la ecuación. Uno de ellos es aumentar la **reflectividad** del soporte, por ejemplo haciendo que este sea algo más opaco y oscuro (por ejemplo un vidrio tintado). En otras ocasiones se proyecta sobre una lámina específica adherida al vidrio.

Otra estrategia (la más eficaz) es utilizar el efecto de **polarización**, si la luz que se proyecta está polarizada, y la superficie sobre la que se proyecta también lo está (con un tratamiento superficial), no pasará a través del vidrio y se comportará como una superficie opaca. Pero solo para la luz que se emite en una determinada dirección, dejando pasar la luz que llegue en otras direcciones por eso se sigue pudiendo ver el exterior a través del vidrio [31].



Ilustración 42 Sistema HUD proyectado

Un sistema **HUD** consta de tres partes fundamentales:

- El **combinador** (es decir la superficie sobre la que se proyecta la imagen).
- El **proyector** (que genera la imagen y la dirige hacia el combinador).
- **La unidad de computación** (que procesa los datos de las diferentes fuentes y las organiza para su proyección).

La imagen, dígitos o símbolos que se proyectarán sobre el vidrio, se pueden generar de múltiples maneras:

- Inicialmente se generaban con una pequeña pantalla **CRT** (tubo de rayos catódicos) que se reflejaba en un espejo y de ahí al parabrisas.
- También se emplearon fuentes de luz sólida como los **LED** (modulados por una pantalla **LCD**).
- Se puede emplear una guía de ondas ópticas que genera la imagen directamente en el **combinador** (se basa en el funcionamiento de la fibra óptica).
- Un **láser de barrido** también puede generar las imágenes directamente sobre una superficie transparente.
- Últimamente también se pueden utilizar pantallas transparentes **LCD** u **OLED**.

Lo normal es que los datos se proyecten delante del conductor a una altura superior a la del cuadro de instrumentos. Oculto desde la visual del conductor, hay un hueco en la visera que cubre el cuadro de instrumentos en el que se sitúa el proyector que generará la imagen sobre el parabrisas. En el parabrisas puede notarse, según la luz, y si se tiene buen ojo, un pequeño recuadro con un matiz o tono ligeramente diferente, es el área específica del combinador [13].

A día de hoy la proyección se suele realizar en monocromo, aunque ya empiezan a aparecer sistemas que combinan tres o cuatro colores. Se considera que fue *General Motors*, en 1988, el primer fabricante en implementar un sistema **HUD** en un automóvil, e incorporar uno a color en 1998 en el *Corvette C5*. *Toyota*, *Lexus* y *Honda* también tienen varios modelos, así como *Citroën* (en el C6), *Audi* o *BMW* (*Serie 5*, *Serie 6*, X3, X5).

El fabricante francés *Peugeot* ha optado por un sistema **HUD** ligeramente diferente al de estas otras marcas, en lugar de proyectar directamente sobre el parabrisas, lo hace sobre un pequeño panel de **policarbonato translúcido** detrás del cuadro de instrumentos, que se puede ocultar si se desea. Es el caso por ejemplo del *Peugeot 3008* [26].

El sistema con **panel** (*Ilustración 43*) suele permitir una visualización más nítida de las imágenes, pero los bordes de este pueden hacer que la vista cambie de enfoque entre los datos visualizados y el horizonte, pudiendo producirse mayor cansancio visual. Por el momento la mayoría de los fabricantes (incluso *Citroën*, socio de *Peugeot*) optan por proyectar directamente sobre el parabrisas.

Ambos sistemas permiten ajustar el **brillo** de la imagen proyectada, ya sea manual o automáticamente, con sensores de luz a las condiciones de iluminación del exterior, para poder ver el texto con claridad sea cual sea la circunstancia.



Ilustración 43 Sistema HUD Panel

Se propone sinergizar estas funciones con realidad aumentada, ya sea para mejorar la seguridad, ya sea para aumentar la información. Por ejemplo, mediante cámaras que capten lo que sucede en la realidad, se podrán acentuar las líneas que delimitan los carriles de la carretera, se podrá mantener sobre el parabrisas el límite de velocidad máxima en ese tramo, o se podrá advertir de la presencia de peatones o ciclistas cerca de nuestra trayectoria.

Audi, con su sistema Aida 2.0, también está investigando, pero proponiendo además una opción de **proyección tridimensional** y holográfica, de los mapas y rutas del navegador, además de otros datos relativos a la realidad aumentada, como eventos, ofertas, menús, etc.

Al hablar de proyectar información en el parabrisas no debemos olvidar algo muy importante, los excesos suelen ser negativos. Así que no debemos caer en dar tanta información, en todo momento, y sobre cualquier tema, como para distraer al conductor, o saturarle de tal manera que aumente su cansancio al volante [26].

Sistema de absorción de materiales compuestos:

Se han visto los sistemas de seguridad activos y pasivos. Dentro de los pasivos otro sistema de protección lo constituye el propio diseño del chasis y carrocería del vehículo, con zonas que permiten el plegamiento de la estructura y su deformación controlada.

Actualmente los automóviles y vehículos ligeros utilizan parachoques integrados de termoplásticos y espumas, diseñados para evitar daños a pequeña velocidad. Como protección contra colisiones a media y gran velocidad se utilizan detrás de los parachoques perfiles, tubos metálicos y zonas de deformación controlada en el diseño del chasis y carrocería del vehículo [4].

Los **plásticos reforzados con fibras** se usan, fundamentalmente, en aplicaciones estructurales guiadas por la reducción de peso, como por ejemplo, en la industria aeronáutica o aeroespacial. La razón se debe que poseen muy buenas propiedades mecánicas específicas cuando se comparan con las aleaciones metálicas tradicionales. Además, los materiales compuestos son menos sensibles a la corrosión o a la fatiga.

Ahorrar peso significa reducir consumo de combustible, reducir costes de operación y mejorar la protección medioambiental. Todas estas razones constituyen una excelente fuerza motriz para desarrollar futuros materiales compuestos y procesos de fabricación.

De hecho, la **UE** establece como objetivo para el año 2020 una reducción progresiva hasta un 50 % del consumo de combustible por pasajero-kilómetro, siendo un 20 % responsabilidad del desarrollo de nuevos motores cada vez más eficientes y el resto, el 30 %, correspondiente a la utilización masiva de estructuras de carbono **CFRP** más ligeras y aerodinámicas que las actuales [2].

Las últimas décadas han sido decisivas para la maduración de la tecnología del **metal negro** (es así como se suelen llamar estos materiales en el argot tecnológico debido a su aspecto negruzco). Dos buenos ejemplos de esta afirmación los tenemos en las principales empresas fabricantes de aviones para uso civil en el mundo: los consorcios europeos y americanos *Airbus* y *Boeing*. La última aeronave civil de *Airbus*, el A380, contiene hasta un 25 % en peso de materiales compuestos (carbono, vidrio, materiales híbridos metal-compuesto, etc.) que se utilizan en alas, secciones de fuselaje y superficies sustentadoras. La siguiente generación, el A350, llegará incluso al 53% incluyendo secciones de fuselaje fabricadas íntegramente en materiales compuestos mediante tecnologías avanzadas y altos rendimientos en la cadencia de producción. Por su parte, el *Boeing 787 Dreamliner* reclama el puesto de honor correspondiente a ser el primer avión de ese tamaño con un fuselaje fabricado en materiales compuestos de carbono.

El **primero** de los retos es común a la mayor parte de los materiales estructurales. Entender su comportamiento mecánico, en particular la predicción del fallo, es vital para aumentar la fiabilidad de los mismos y empujarlos hasta sus límites estructurales. Esta tarea no es nada fácil en el caso de los materiales compuestos ya que su comportamiento mecánico puede llegar a ser, incluso, más complejo que otros materiales puesto que la adición de las fibras los convierte en materiales altamente anisótropos, con diferentes mecanismos de fallo, rotura de fibras, matriz, despegues entre láminas, capaces de interactuar entre sí.

El **segundo** de los retos anteriormente mencionados es el desarrollo de nuevas técnicas de procesado de materiales compuestos fuera del autoclave. Tradicionalmente, la industria aeronáutica utiliza en sus estructuras materiales pre-impregnados (un pre-preg está formado por fibras en forma de tejido o distribuidas unidireccionalmente previamente impregnadas con resina. Los materiales pre-preg se almacenan en frío para retardar la polimerización de la resina hasta que esta se

desencadena por calor en un horno o autoclave). El ciclo de curado, cuya duración típica es de unas horas, constituye un auténtico cuello de botella en el sistema productivo. Aumentar la cadencia de producción y, por tanto, el abaratamiento de costes pasa, necesariamente, por la implantación de nuevas técnicas de procesado fuera de autoclave como sistemas de curado (radiofrecuencia, microondas, rayos X, etc.) o nuevos sistemas de inyección masiva (infusión, transferencia de resina, etc.).

Finalmente, es necesario desarrollar **nuevos sistemas** de resinas y fibras con propiedades mecánicas y funcionales mejoradas: resinas de alta tenacidad de fractura para mejorar su resistencia a la fisuración, resinas de baja viscosidad para utilizarlas en procesos de inyección e infusión, nuevas fibras (nano fibras de carbono y nanotubos) y resinas con mejores propiedades eléctricas. Por otro lado existe una continua demanda para aumentar la temperatura de trabajo de los materiales y mejorar sus propiedades frente al fuego disminuyendo la toxicidad de los humos generados [2].

Impresión 3D en la industria de la automoción:

Debemos estar preparados para un futuro donde todo sea hecho con impresoras 3D, la tendencia así lo está definiendo. La empresa americana **Local Motors** ya comenzó la elaboración del primer coche hecho totalmente con una impresora 3D con su modelo *Srati* ([Ilustración44](#)).

La carrocería de coche será impresa en una sola pieza mientras que asientos, tablero de instrumentos, el maletero y el capó, entre otras piezas menores se harán por separado.

Según dicen los encargados del proyecto la impresión del primer prototipo se logró en menos de 40 horas y 4 días para su ensamblaje total. Para fin de año se planea que la impresión se logre en menos de 20 horas y el ensamblaje en menos de una hora con dos personas [31].



Ilustración 44 LM Srati

Mientras se espera que la **impresión 3D** se vuelva más económica, se sigue explorando su potencial, y entre los desarrollos más recientes encontramos al *EDAG Génesis* (*Ilustración 45*), un concepto de chasis basado en un proceso aditivo, e inspirado en el esqueleto de una tortuga.

La propia naturaleza de un coche impide que sea *completamente construido* con una impresora 3D... pero el chasis no parece ser algo tan descabellado. Este proceso de fabricación ya se puede encontrar en el chasis del *EDAG Génesis*.

La técnica que utiliza **EDAG** es conocida como “**Modelado por Deposición Fundida**” o **FDM** por sus siglas en inglés (*esta expresión es una marca registrada de la compañía estadounidense Stratasys*). El modelo es termoplástico, pero en **EDAG** aseguran que existe la posibilidad de aplicar fibra de carbono para que toda la estructura sea más liviana y resistente. En un futuro, sólo sería cuestión de cubrir al chasis con acero o aluminio, pero deberá pasar un largo tiempo antes de que podamos llegar a eso. Imprimir un chasis entero de un solo movimiento es *imposible* por cuestiones de costo y escala, sin embargo, utilizar este tipo de tecnología para determinados componentes puede ser una solución muy efectiva en el futuro [20].

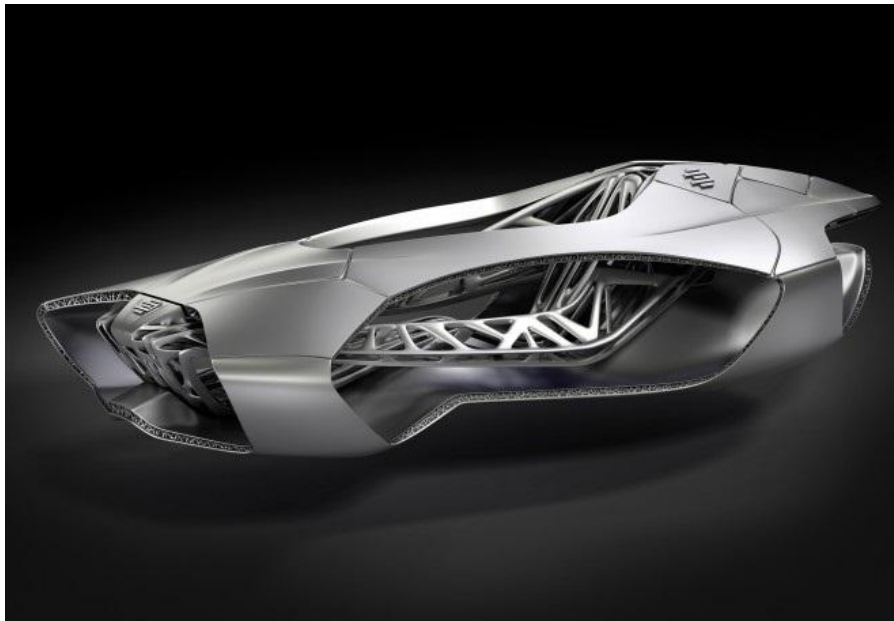


Ilustración 45 EDAG Génesis

6. EL PROCESO DE DISEÑO

Fase conceptual:

Esta fase lleva usualmente entre 6 meses y un año para completarse. La fase conceptual es menos rígida y más progresiva que la de producción.

Idea de producto e investigación

- Esta fase se inicia con la investigación intensiva del mercado, usuarios y competencia. La tecnología emergente y los procesos de fabricación también son estudiados.

Objetivos funcionales

- Se fijan los objetivos principales del proyecto. Se debe tener en cuenta tanto el proceso de fabricación como al comprador.

Esbozo del diseño de l vehículo

- Se elaboran los primeros bocetos de la mayoría de los componentes, empleando distintas configuraciones.

Evaluación de las medidas y las proporciones

- Se comparan los productos con propiedades similares existentes para fijar la dirección de diseño. Este proceso se realiza para establecer las proporciones básicas y ahorrar costes de fabricación.

Diseño detallado y desarrollo de maquetas

- Una vez se han determinado las dimensioness básicas y las directrices del diseño. Se realiza una maqueta a escala o tamaño real y el vehículo es desarrollado en su conjunto.

Fase de diseño del proceso de producción:

Puede llevar entre 3 o 4 años. El producto final tiene que ser 100% fiable, conociéndose todos los aspectos para su fabricación y marketing.

Concepto final detallado

- El diseño detallado del producto se entrega al equipo de producción.

Diseño del sistema de producción

- El equipo desarrolla las superficies exteriores e interiores, para que se adapten al 100% a los sistemas de producción y se reduzcan los costes.

Ingeniería de producción

- Se conciben y planifican todas las operaciones necesarias para la fabricación del coche.

Construcción del prototipo, test y lanzamiento

- Después de las pruebas solo se cambiarán pequeños detalles.

Proceso de esbozado paso a paso:

Este proceso se ciñe a la parte conceptual, habiéndose resumido los pasos de investigación en la introducción, los pasos seguidos para realizar los **primeros bocetos** fueron los siguientes:

- *Diseño de la idea:*

En primer lugar hay que fijar las **características principales** del vehículo, tipo de coche, mercado, innovaciones tecnológicas....

El tipo de vehículo elegido es un coche eléctrico para ciudad, adaptado a las necesidades actuales de la sociedad y equipado con las últimas innovaciones tecnológicas.

Generalmente, la aerodinámica tiene un papel secundario en el diseño. Se tiende a "pulir" la aerodinámica una vez diseñado el vehículo, razón por la que todos los coches acaban teniendo forma de "coches".

Con los nuevos motores eléctricos, la necesidad de un capó delantero desaparece, lo que abre un gran abanico de posibilidades a nivel geométrico. Siendo la reducción del coeficiente aerodinámico una prioridad del diseño.

Dado el éxito que ha tenido el modelo *Nissan Leaf* y su buen comportamiento en curva, se conserva su distancia de ejes y de batalla. Sin embargo, las medidas exteriores son demasiado grandes para una ciudad cada vez más congestionada. Por lo tanto se buscará optimizar el espacio interior y reducir la capacidad de carga, creando una versión adicional para los usuarios que quieran mayor espacio.

- *Número de pasajeros y su distribución:*

Una vez determinado el tipo de vehículo hay que fijar **detalles básicos** como el número de pasajeros que se desea transportar, su distribución dentro del coche, el número de puertas y el número de ruedas del vehículo.

La idea de uso del vehículo es un utilitario eléctrico de ciudad para uso diario, por tanto, la capacidad de carga no es especialmente relevante en este caso. Como se pretende hacer un coche lo más compacto y aerodinámico posible, pero sin desprestigiar la comodidad del usuario, se reducirá la capacidad del maletero respecto al *Leaf* y se aumentará en la medida de lo posible la distancia entre pasajeros, manteniendo las **5 plazas**.

Con el objetivo de proporcionar un habitáculo más abierto y "limpio" se elegirá un sistema de apertura de puertas tipo **concha** (*Ilustración 46*). Este tipo de sistema de apertura de puertas se caracteriza por tener las bisagras en la parte trasera a la puerta, abriéndose en sentido contrario al habitual.

Esta característica corresponde únicamente a las puertas traseras, siendo el sistema de apertura en las delanteras el convencional.



Ilustración 46 Sistema de apertura tipo concha

- **Bocetos del vehículo:**

El siguiente paso una vez definida la idea es realizar los **primeros bocetos** (*Ilustración 48*) para empezar a definir la línea estética. Para ello se parte de las únicas medidas fijas que hay hasta el momento; la distancia entre ejes, el ancho de batalla y las medidas de las ruedas, representadas en la *Ilustración 47*. Aunque no hay que considerar el espacio del motor, por estar ubicado en las ruedas, sí que hay que tener en cuenta el espacio necesario para albergar las baterías, el sistema de recarga eléctrica, el sistema de refrigeración, el de frenado...

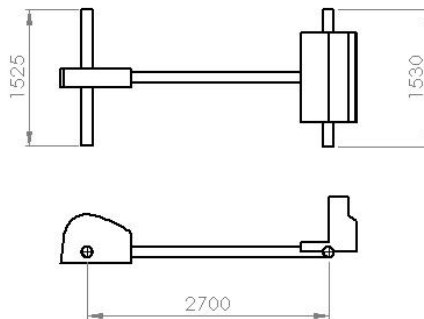


Ilustración 47 Medidas de los ejes

Hay que tener en cuenta que el **perfil** se desarrollará posteriormente a través de un análisis aerodinámico para conseguir un coche con un **Cx mínimo**.



Ilustración 48 Primeros bocetos

- **Posición del punto H y aproximación de las medidas:**

Empezando de abajo a arriba, la altura de la línea de suelo del vehículo se determina a partir de los obstáculos con los que deberá lidiar el coche en el día a día. Un coche más bajo será más estable, pero hay que tener en cuenta los bordillos de las aceras, los badenes, las rampas... Según *La seguridad vial y los accidentes con salida de calzada* [9] los bordillos mayores de 150cm se consideran peligrosos y deben evitarse. Tras analizar la altura de las aceras y estableciendo un ángulo de rampa intermedia mínimo de 15° , se determina una altura de 180cm.

Las baterías se ubicarán debajo de los asientos, para obtener un **cdg** lo más bajo posible.

El siguiente paso es definir todas las referencias posibles. mediante el uso de los percentiles establecidos por **SAE**, se determinan parámetros como la altura máxima, la posición del punto H, la distancia entre asientos y la postura de los ocupantes. La postura de las piernas de los pasajeros traseros no está regulada por el modelo de percentiles **SAE**. Por lo que toma estará determinada de la importancia a nivel de confort que se les quiera dar a estos pasajeros.

El cálculo aproximado es de **250 litros** de capacidad de carga. Teniendo en cuenta que una maleta convencional de mano ocupa del orden de **70 litros**, es una cantidad razonable para el uso diario por ciudad. No obstante, aumentar la capacidad de carga escondiendo los asientos traseros de una forma efectiva , sería una característica clave en el éxito del modelo.

El resto de proporciones se han obtenido de la bibliografía, especialmente del libro *H-Point The fundamentals of car Design &Packaging* [1].

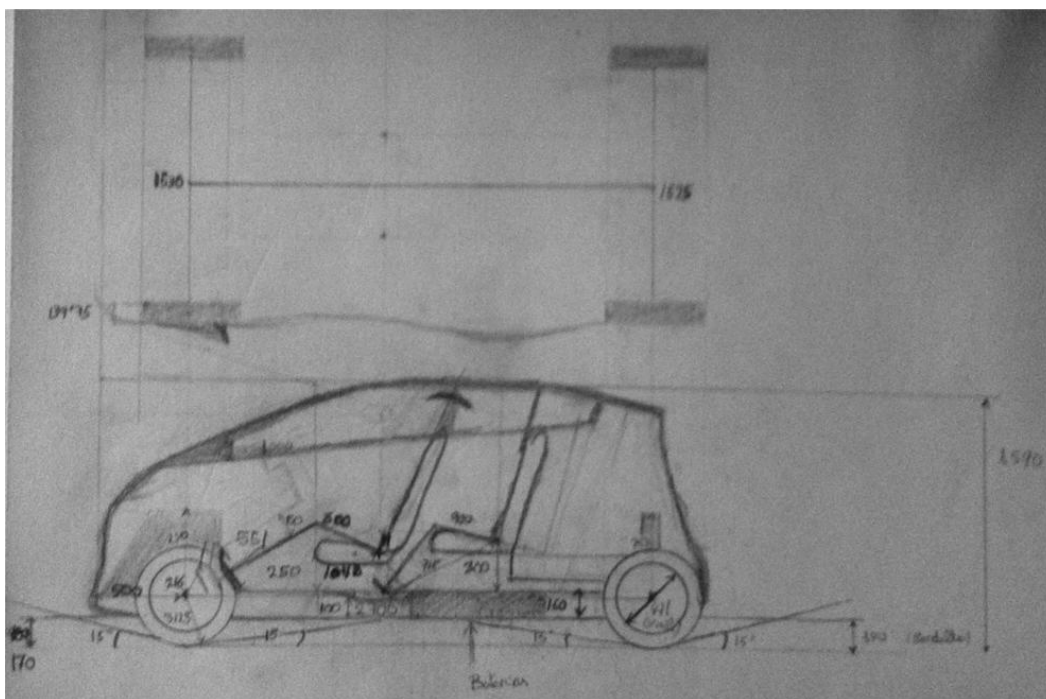


Ilustración 49 Medidas elementales

- **Medidas interiores:**

Para diseñar la **línea interior** hay que tener en cuenta los ángulos de visión de los ocupantes, así como la ergonomía aplicada a crear unos controles fácilmente accesibles.

En este vehículo se pretende eliminar toda distracción que haga al conductor quitar la vista de la carretera. Para ello se implementará el sistema de **HUD** proyectando en el parabrisas toda la información. Se ubicarán todos los controles necesarios en el volante.

Además como producto al frente de la tecnología, contará con una **pantalla táctil** de 10" ,desde la que se realizarán todos los ajustes relativos a la configuración del coche.

El primer boceto del interior con las medidas principales se puede ver ne la **Ilustración 50**:

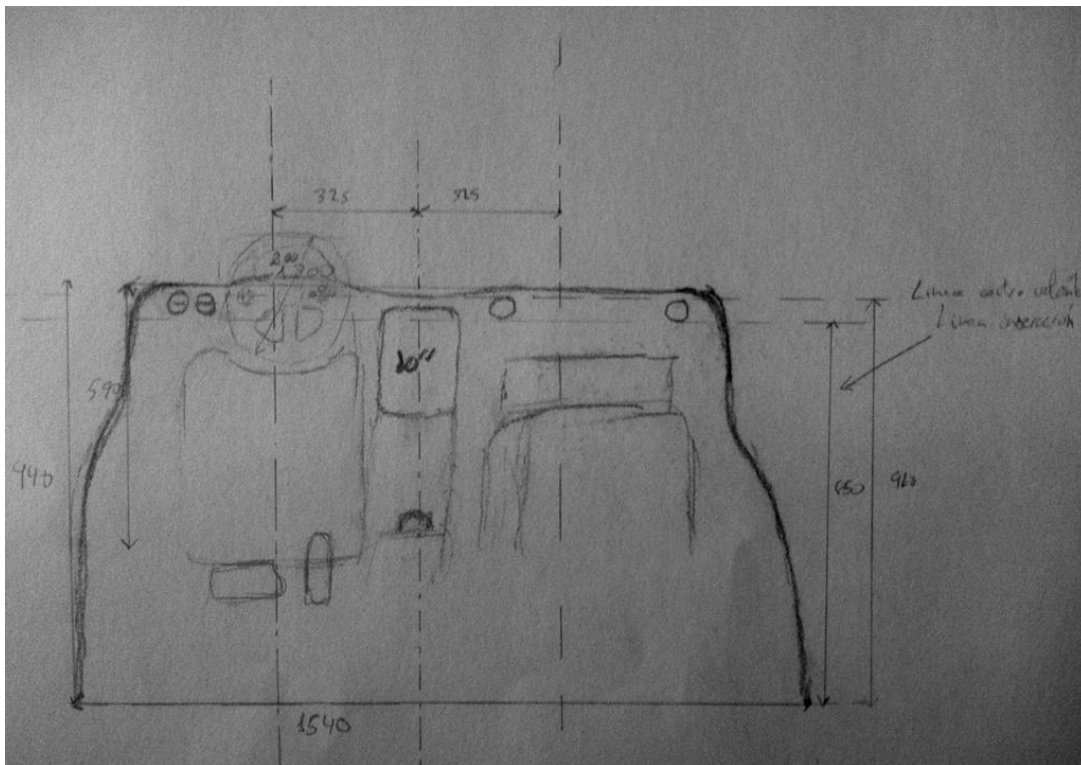


Ilustración 50 Boceto interior

7. AERODINÁMICA

Introducción al cálculo por simulación numérica:

El **cálculo por simulación numérica** aplicado a la **mecánica de fluidos**, utiliza métodos numéricos y algoritmos para resolver y analizar problemas sobre el flujo de sustancias. Los ordenadores son utilizados para realizar millones de cálculos requeridos para simular la interacción de los líquidos y los gases con superficies complejas proyectadas por la ingeniería. Aun con ecuaciones simplificadas y superordenadores de alto rendimiento, solo se pueden alcanzar resultados aproximados en muchos casos. La continua investigación, sin embargo, permite la incorporación de software que aumenta la velocidad de cálculo como así disminuye también el margen de error, al tiempo que permite analizar situaciones cada vez más complejas como los fluidos transónicos y los flujos turbulentos. La verificación de los datos obtenidos por **CFD** suele ser realizada en túneles de viento u otros modelos físicos a escala.

El método consiste en **discretizar** una región del espacio creando lo que se conoce por una malla espacial, dividiendo una región del espacio en pequeños volúmenes de control. Después se resuelve en cada uno de ellos las ecuaciones de conservación discretizadas, de forma que en realidad, se resuelve una matriz algebraica en cada celda de forma iterativa hasta que el residuo es suficientemente pequeño.

• Aerodinámica en los vehículos, conceptos:

Podemos definirla como el conjunto de acciones y efectos que ejerce el aire sobre el vehículo en movimiento. Su optimización afectará a la forma, a los dispositivos aerodinámicos y a la reducción de la superficie. Tendrá como objetivo la reducción del consumo, mejora del confort y mayor estabilidad en el vehículo [16].

Hay dos tipos de **flujos de aire**:

- **Flujo externo**: Produce zonas de presión y depresión además de rozamiento viscoso en las paredes del vehículo generando; resistencia al avance, mayor carga, peor estabilidad y ruido.
- **Flujo interno**: Refrigera el habitáculo del vehículo y el motor.

Estos dos tipos de flujo **no** son independientes.

Dentro de cada flujo se pueden dar otros dos tipos:

- **Flujo laminar:** Cuando las partículas se mueven en trayectorias uniformes deslizándose entre ellas (*Ilustración 51*). Las velocidades del aire en cualquier punto no cambian con el tiempo y la viscosidad detiene la tendencia a turbulencia. Este flujo se vuelve inestable cuando disminuye la viscosidad o se incrementa la velocidad, rompiéndose el flujo.

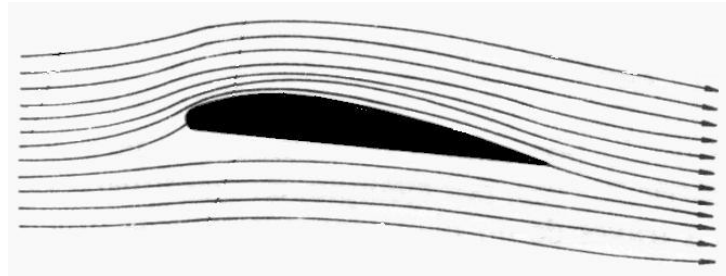


Ilustración 51 Flujo laminar

- **Flujo turbulento:** Cuando las partículas de aire se mueven en trayectorias irregulares (*Ilustración 52*), generándose un intercambio de cantidad de movimiento en el aire. Esto hace que la trayectoria de la partícula fluida sea impredecible.

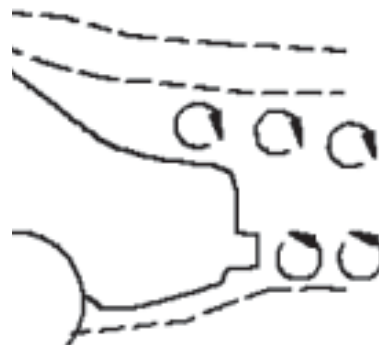


Ilustración 52 Flujo turbulento

Para determinar el tipo de flujo se recurre al **Número de Reynolds** calculado mediante la *Ecuación 1*:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D_{caract}}{\mu}$$

Ecuación 1 Número de Reynolds

ρ : Densidad del aire

V : Velocidad del aire

D_{caract} : Distancia característica

μ : Viscosidad cinemática del aire

Para un $Re < 2 \cdot 10^5$ el flujo se considera laminar.

Para un $Re > 5 \cdot 10^5$ el flujo se considera turbulento.

La **resistencia total al avance** de un vehículo, se define en la **Ecuación 2** como:

$$R_{ax} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_x \cdot A_f \cdot V^2$$

R_{ax} : Resistencia al avance

C_x : Coeficiente aerodinámico

A_f : Área frontal del vehículo

Ecuación 2 Resistencia al Avance

Consideraciones Iniciales:

En este proyecto se va a tratar de hacer un pre diseño del perfil del vehículo para reducir lo máximo posible el coeficiente de resistencia aerodinámica **C_x**.

Para reducir este coeficiente, hay que tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Resistencia por fricción:** Rozamiento del aire con la superficie de los cuerpos.
- **Resistencia por presión:** Debida a las distribuciones de presión generadas alrededor del cuerpo por la forma del mismo.
- **Resistencia inducida:** Resistencia que aparece como consecuencia de la modificación del campo fluido por una parte del objeto que afecta a otra.
- **Resistencia de onda:** Aparece cuando el cuerpo se desplaza a velocidades supersónicas.

La **resistencia de fricción** cobra una mayor importancia para flujos laminares en los que no existe desprendimiento de la capa límite y no se genera sustentación. En el caso de estudio se darán **Reynolds** muy superiores a $5 \cdot 10^5$, por lo que la fricción será despreciable frente al efecto de la presión. Esta resistencia se podrá reducir con el empleo de pinturas y materiales con menor fricción.

La **resistencia de presión** será la que mayor peso tenga en el diseño. Se buscará una geometría que retrase el desprendimiento de la capa límite lo máximo posible.

La **resistencia inducida** se reducirá con el análisis de distintas geometrías, alterando la parte delantera y trasera.

Teniendo en cuenta que un coche se desplaza por autopista a 120km/h (33.33m/s), el número de Mach $= \frac{V}{V_s} \approx 0.097$. Lo que implica que no se encuentra a velocidades supersónicas y por lo tanto, la resistencia de onda será despreciable. Además, el flujo se podrá considerar incompresible [12].

El centro de presiones debe coincidir lo máximo posible con el centro de gravedad del vehículo, para obtener una buena estabilidad. En caso de no ser así, el **cdp** generará mayor estabilidad si se sitúa por detrás del **cdg** (sólo a altas velocidades), como sucede en la **Ilustración 54**.

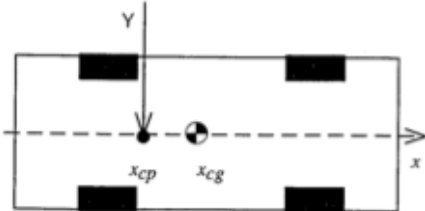
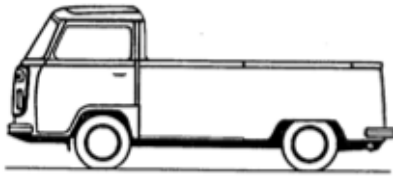


Ilustración 53 Situación inestable

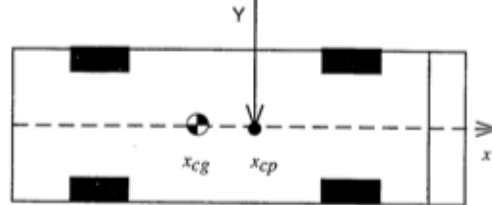
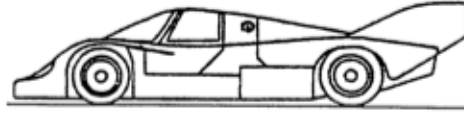


Ilustración 54 Situación estable

La capa límite:

Se define como la zona fronteriza a un objeto, en la que la presencia de dicho objeto modifica el perfil de velocidades del fluido. Ya que dentro de dicha capa, los efectos viscosos no son despreciables.

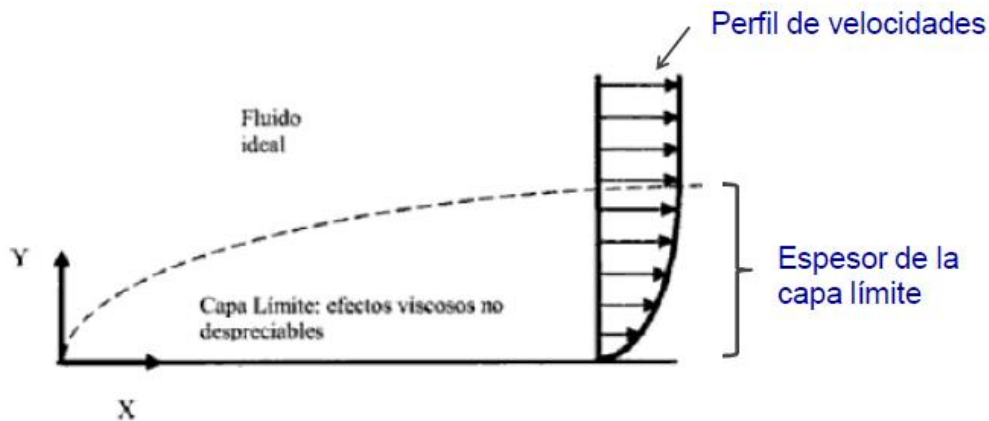


Ilustración 55 Capa Límite

Consideraciones a tener en cuenta de la capa límite:

- El **espesor** de la capa límite de régimen turbulento es mayor que la de laminar.
- Se pueden producir variaciones de espesor de la **capa límite**. Un mayor espesor genera mayor resistencia al avance.
- Si se prevé que la capa límite se va a despegar, hay que pasar a régimen turbulento, ya que se consigue retrasar el despegue de la capa límite. En la parte trasera del vehículo será mejor pasar a régimen turbulento para retrasar dicho despegue, aunque genere mayor resistencia al avance. Ya que el despegue no genera fuerza de sustentación.

Al separarse la capa límite de forma inestable, se pueden producir **vórtices de Von Kármán** [12].

La resistencia de presión:

Al aumentar la **presión** en la dirección del flujo, la fuerza de rozamiento entre la superficie y el fluido aumenta. El flujo se retrasa más intensamente cuanto mayor sea su proximidad a la superficie. En estas condiciones puede producirse la inversión del flujo, como sucede en la **Ilustración 56**, separándose la capa límite.

Al cambiar la velocidad de sentido se produce una depresión.

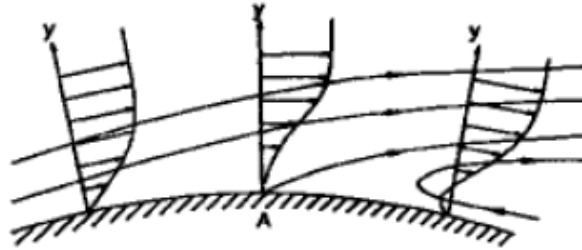


Ilustración 56 Cambio de sentido de la velocidad

La **resistencia por presión** es máxima en puntos con velocidad nula. Al contrario, cuando las partículas alcanzan la velocidad máxima, la resistencia es mínima.

La mayor contribución a la resistencia a la presión es la baja presión en la parte posterior del vehículo, donde se generan turbulencias. Si estas giran hacia fuera, aumenta la resistencia al avance [16].

Aspectos geométricos:

Efecto de la inclinación del capot y parabrisas sobre el C_x :

- El **ángulo del capot** debe que ser mayor de 10° con la horizontal para adherir la capa límite.
- El **ángulo del parabrisas** debe ser mayor de 60° con la vertical para evitar problemas de visibilidad y calentamiento.

En la parte trasera se generan unos **vórtices de Kármán** que hay que evitar, ya que producen inestabilidad. Además, al avanzar el vehículo se produce una depresión que provoca una fuerza de arrastre en contra del avance.

El uso de un **Spoiler trasero** en vehículos con un gran ángulo de la luneta trasera, favorece el desprendimiento de la capa límite. El **spoiler** perturba el flujo, convirtiéndolo en turbulento, retrasando dicho despegue y por tanto reduciendo la resistencia aerodinámica [16].

Planteamiento inicial de la simulación:

Los perfiles se desarrollarán con el software comercial "**SolidWorks Premium 2012**" y los mallados y cálculos con "**ANSYS Fluent 14.0**".

Se establece un **volumen de control** suficientemente grande para que se desarrolle todo el flujo. Se realizan tres divisiones para poder realizar un mallado más preciso posteriormente, dejando 3 m de espacio libre delante de la geometría, como se puede ver en la **Ilustración 57**.

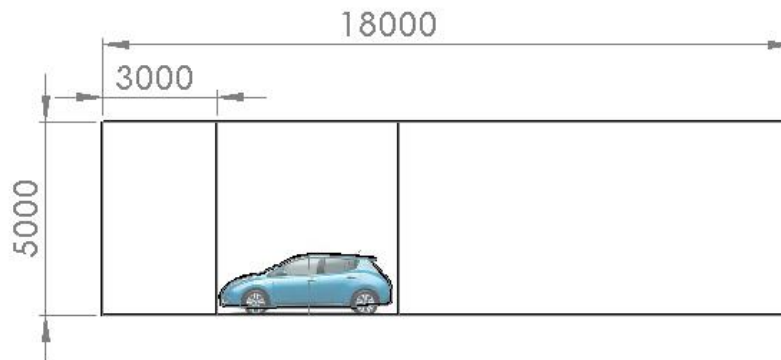


Ilustración 57 Volumen de control

Se realiza una primera simulación para el modelo actual de la marca, para crear posteriormente el nuevo concepto.

Para que el análisis sea representativo, será necesario que las condiciones sean las mismas para todas las geometrías. Para ello se establecen las siguientes premisas:

- El **volumen del control** será el mismo y la geometría estará situada a 3 metros de la entrada de aire.
- La segunda división se situará a pocos centímetros de la parte trasera del coche. En ningún caso coincidente, ya que esto crearía problemas computacionales al producir una geometría de espesor "cero".
- La **velocidad** de estudio será de 100km/h (**27.78m/s**).
- El **número de nodos** de la malla final no variará más de un 10%.
- El **flujo** se considerará **incompresible** y **estacionario**.
- Se utilizará un modelo de **turbulencia k-ε** de dos ecuaciones.

El modelo utilizado se basa en las ecuaciones *Reynolds-Averaged-Navier-Stokes* (**RANS**). Dentro de los modelos de dos ecuaciones, el modelo *standard k-ε* es el más simple de los modelos completos en los cuales, la solución de dos ecuaciones de transporte separadas, permite determinar la turbulencia de la velocidad y las longitudes de escala independientemente. Se ha convertido en el modelo más utilizado para este tipo de flujos desde que fue propuesto por *Launder y Spalding*. Esto se explica por su solidez, economía y su precisión razonable en un alto rango de flujos turbulentos. En versiones más recientes del software utilizado, se puede encontrar una versión más evolucionada del modelo, el "*realizable k-ε*" [17].

La turbulencia de la energía cinética, k , se obtiene de la **ecuación 3**:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k$$

Ecuación 3 Turbulencia de la energía cinética

Y el ratio de disipación, ϵ de la **ecuación 4**:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \epsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (P_k + C_{3\epsilon} P_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} + S_\epsilon$$

Ecuación 4 Ratio de disipación

Donde:

G_k : Representa la generación de energía cinética turbulenta necesaria para vencer los gradientes de velocidad.

G_b : Representa la generación de energía cinética turbulenta debida a la fuerza de empuje.

Y_m : Es la contribución de la fluctuación de dilatación en turbulencia compresible para el ratio de disipación general.

$C_{1\epsilon}, C_{2\epsilon}, C_{3\epsilon}$: Son constantes que han sido determinadas experimentalmente con aire y agua, fundamentalmente para flujos transversales turbulentos .

$\sigma_k, \sigma_\epsilon$: Son los números de *Prandtl* para turbulencia.

S_k, S_ϵ : Son parámetros definidos por el usuario.

Elección del mallado:

En un primer lugar se dimensiona la malla para una única "surface", que abarcaba toda la geometría del problema. Tras un primer análisis, se observan cuales son los puntos que requieren mayor refinamiento de malla, dividiéndose el área en 3 "surfaces". Se utilizan las longitudes para las divisiones:

Primer tramo de longitud igual a 3m.

Segundo tramo de longitud igual a la del coche.

Tercer tramo hasta el final del volumen de control.

Siendo la longitud total = 18m.

Para las caras que engloban a cada geometría, se establece mediante un “sizing” el número de divisiones suficiente, para obtener un resultado lo más real posible en el contorno del vehículo. Para dar más importancia a los datos obtenidos cerca del perfil del coche, se añade un “bias” a estas divisiones, obteniendo unos nodos menores a medida que la malla se acerca al perfil del coche, resultando el mallado de la **Ilustración 58**.

El refinamiento de la malla se puede hacer directamente desde **Fluent**, desde la opción **Adapt –Region**.

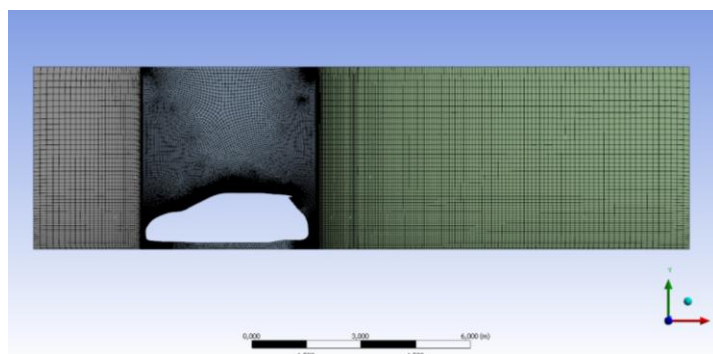


Ilustración 58 Mallado Nissan Leaf

- **Análisis de sensibilidad de malla:**

Nº de Nodos	Cx
7972	0,28687
16036	0,29
23552	0,28747
31440	0,28697
39416	0,28384
58384	0,28579
63912	0,28483
77852	0,28417
85400	0,28423
94472	0,28419

Para fijar el número de nodos a utilizar en todos los análisis se ha realizado un estudio de sensibilidad de la malla frente al número de nodos. En la **Tabla 2** se puede observar el coeficiente aerodinámico frente al número de nodos para la geometría del *Nissan Leaf*.

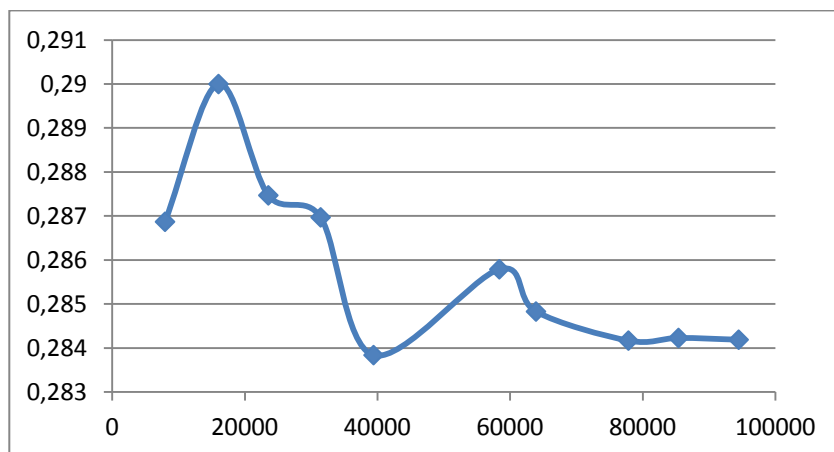


Tabla 2 Nº de nodos / Cx

A partir de 60.000 nodos se empieza a estabilizar la solución, por tanto, se puede afirmar que con mallados de 90.000 elementos el resultado es independiente de la malla utilizada. El **número de nodos** a utilizar en el resto de geometrías será aproximadamente de 90.000.

Estudio de la geometría:

- *Nissan Leaf:*

Tras realizar la simulación para el modelo de partida, se obtuvo un valor del **Cx de 0.284 (Ilustración 59)**. Este valor coincide exactamente con el valor proporcionado por la marca, por lo que se consideraron las aproximaciones realizadas adecuadas para realizar el resto de simulaciones. Los resultados se muestran en el **ANEXO Nissan Leaf**.

Coefficients		
Pressure	Viscous	Total
0	0.023571968	0.023571968
0.23828351	0.022316076	0.26059959

0.23828351	0.045888044	0.28417156

Ilustración 59 Cx Leaf

- *Geometría 1:*

Se desarrolló una primera geometría en la cual se obtuvo un **Cx de 0.258 (Ilustración 60)**. En esta primera geometría, se intentó retrasar el despegue de la capa límite con el uso de una terminación trasera muy pronunciada, inspirada en el *Toyota Prius*. Sin embargo se obtuvieron grandes valores de **vorticidad** en esta parte, lo que favorece el despegue de la capa límite.

Un aspecto clave en la reducción del **Cx** con respecto al *Leaf* es la buena adhesión de la capa límite en la parte central del vehículo.

Los valores se pueden observar en el **ANEXO Geometría 1**.

Coefficients		
Pressure	Viscous	Total
0	0.017886004	0.017886004
0.22488156	0.01518323	0.24006479

0.22488156	0.033069234	0.2579508

Ilustración 60 Cx Geometría 1

- **Geometría 2:**

Para mejorar el defecto en la parte trasera de la **Geometría 1** se realizó un redondeo que suavizase el cambio, consiguiendo un **Cx de 0.246 (Ilustración 61)**.

Se observó una reducción de la **vorticidad** con esta medida, sin embargo la estela generada por la turbulencia seguía siendo demasiado grande.

Los valores se pueden observar en el **ANEXO Geometría 2**.

Coefficients	Viscous	Total
Pressure		
0	0.018147493	0.018147493
0.2120333	0.015577694	0.227611

0.2120333	0.033725187	0.24575849

Ilustración 61 Cx Geometría 2

- **Geometría 3:**

Para ayudar al flujo laminar a tener una línea de corriente más homogénea se decidió "aplanar" la parte delantera, consiguiendo un **Cx de 0.203 (Ilustración 62)**.

Aunque se consiguió reducir la estela se observaba una variación pronunciada de la geometría en la parte delantera.

Los valores se pueden observar en el **ANEXO Geometría 3**.

Coefficients	Viscous	Total
Pressure		
0	0.017375168	0.017375168
0.14947753	0.015049574	0.1645271
0.020685253	5.5790891e-05	0.020741044

0.17016278	0.032480533	0.20264332

Ilustración 62 Cx Geometría 3

- **Geometría 4:**

Para crear una curva más natural, se ajustó de nuevo la parte delantera manipulando las *curvas Bezier* obteniendo un **Cx de 0.197 (Ilustración 63)**.

Con esta nueva mejora la energía cinética de turbulencia se minimizó con una estética que encajaba perfectamente con la idea del diseño a desarrollar.

Los valores se pueden observar en el **ANEXO Geometría 4**.

Coefficients		
Pressure	Viscous	Total
0	0.016230918	0.016230918
0.16699212	0.014248204	0.18124032

0.16699212	0.030479122	0.19747124

Ilustración 63 Cx Geometría 4

- **Geometría proyecto:**

Finalmente se ajusto el radio del redondeo trasero hasta conseguir un **Cx de 0.193** (**Ilustración 64**).

Hay que tener en cuenta que este es simplemente un valor indicativo, que nos puede servir para comparar distintas geometría, pero que no será el **Cx final** del coche. Para obtenerlo se necesitaría recurrir al túnel de viento con un modelo del vehículo real o a escala, ya que no variaría.

El punto de mayor presión determinará la entrada de refrigeración en el **diseño 3D**.

Los valores se pueden observar en el **ANEXO Geometría Proyecto**.

Coefficients		
Pressure	Viscous	Total
0	0.016193128	0.016193128
0.16262691	0.014482322	0.17710923

0.16262691	0.03067545	0.19330236

Ilustración 64 Cx Geometría Proyecto

8. DISEÑO CARROCERÍA

Introducción al diseño asistido por ordenador:

El diseño asistido por ordenador, en inglés **CAD** (*computer-aided design*), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores. El **CAD** es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos (en inglés *product lifecycle management*).

También se puede llegar a encontrar denotado con las siglas **CADD** (*computer-aided design and drafting*), que significan «dibujo y diseño asistido por computadora».

Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de **dibujo 2D** y de **modelado 3D**. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos, y se basan en **operaciones booleanas**.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, material, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además se pueden **renderizar** los modelos 3D para obtener una pre-visualización realista del producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación.

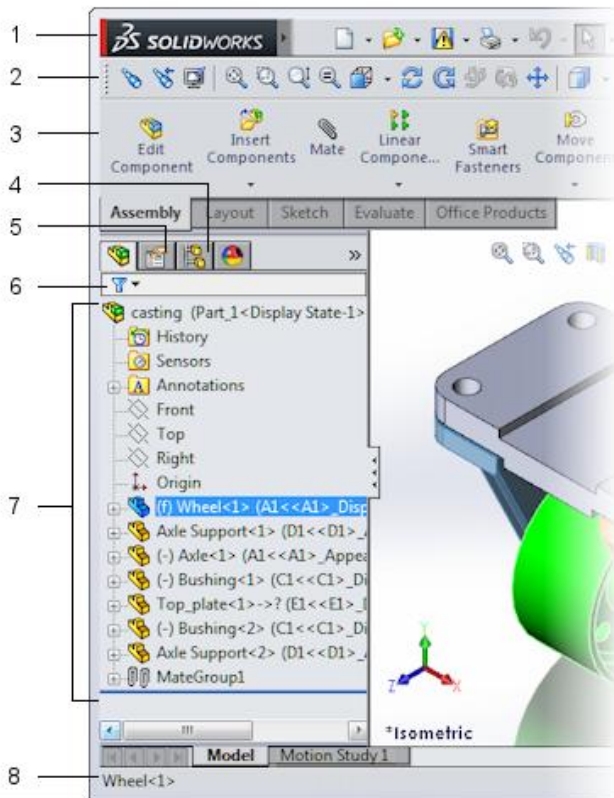
Las ventajas que ofrece el **CAD** son:

- Representación de elementos repetitivos.
- Edición y reproducción de planos.
- Trabajo en tres dimensiones.
- Vínculos entre ficheros.
- Mayor precisión.

Solidworks:

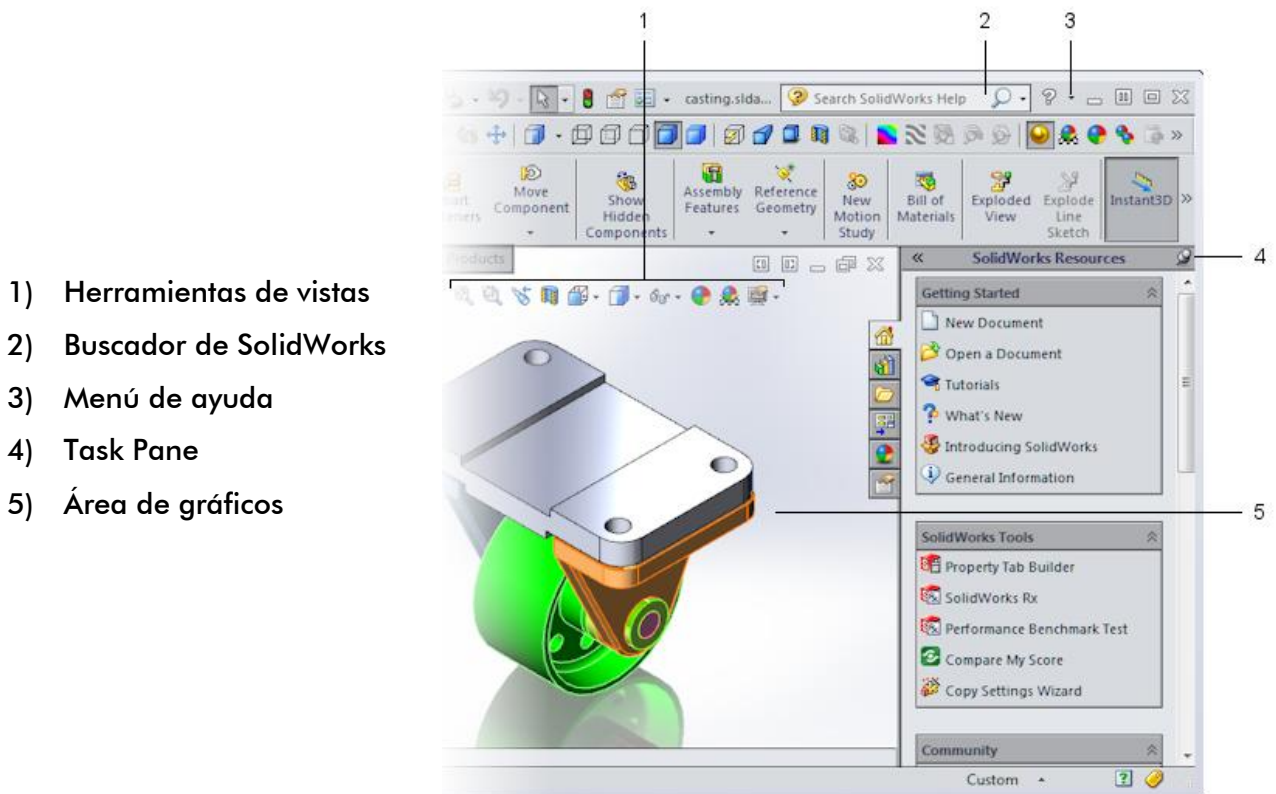
El programa **CAD** utilizado para el proyecto es la versión 2012 de Solidworks. Software desarrollado por *Solidworks Corp.* filial de la compañía francesa *Dessault Systems S.A.* Esta desarrollado para el sistema operativo Microsoft Windows, y su primera versión se lanzó en 1995 [18].

En la **ilustración 65** y la **ilustración 66** obtenidas del Manual de SolidWorks 2012 [18], se describe brevemente la interface de este programa.



- 1) Barra del Menú
- 2) Barra de herramientas
- 3) Comandos
- 4) Administrador de configuración
- 5) Administrador de propiedades
- 6) Filtro de operaciones
- 7) Árbol de operaciones
- 8) Barra de estado

Ilustración 65 Interface SolidWorks



- 1) Herramientas de vistas
- 2) Buscador de SolidWorks
- 3) Menú de ayuda
- 4) Task Pane
- 5) Área de gráficos

Ilustración 66 Interface SolidWorks

PhotoView 360

Es un **complemento** de *SolidWorks* para generar imágenes y animaciones de alta calidad realistas. Permite aplicar texturas y colores de materiales específicos, así como el ajuste de las propiedades de la cámara desde dónde se tomará la imagen del diseño.

Sus características principales son las siguientes:

- **Aplicar apariencias:** Ajuste de elementos del modelo, incluidos el color, la textura y la iluminación.
- **Aplicar escenas:** Ajuste y control del fondo y los alrededores.
- **Calcomanías:** Para etiquetado, marcas, pegatinas, caras de instrumentos, etc.
- **Vista preliminar integrada:** Permite visualizar los resultados en una ventana de vista preliminar antes de renderizar completamente.
- **Opciones de renderizado:** Controla la resolución de imagen de salida, frecuencia de fotogramas de animación, etc.
- **Renderizado final:** Genera resultados detallados después de la vista preliminar.
- **Programador de renderizado:** Configura el renderizador para que se ejecute durante las horas establecidas.
- **Plantillas de renderizado:** Guarda la configuración de renderizado para usos posteriores con el objetivo de asegurar un resultado coherente.

Para realizar el **renderizado** hay que asignar a cada elemento la apariencia correspondiente utilizando el módulo "**Display Manager**". Una vez asignadas se puede manipular el color, el acabado superficial y la iluminación [18].

- **Acabado superficial:**

En este apartado se pueden manipular el **acabado del material** utilizado, su intensidad de relieve, asignación de desplazamiento y su distancia.

Al asignar un **relieve** se simula una superficie desigual modificando las sombras y reflexiones sin cambiar la geometría. Sin embargo, al asignar desplazamiento se agrega una textura a la superficie de modelado sin cambiar la geometría y renderizando más lentamente.

- **Iluminación:**

Desde aquí se controlan propiedades ópticas del material como son la difusión, la reflexión y la dispersión especular, la reflectividad, la transparencia y la intensidad luminosa.

- Mediante el **grado de difusión** se controla la intensidad de la luz sobre una superficie. A mayor difusión más luminosa es la superficie.
- La **reflexión especular** determina el grado de brillo de la superficie, reduciendo o aumentando los reflejos.
- La **dispersión especular** controla el nivel de borrosidad de las reflexiones de una superficie, lo cual hace que se muestre rugosa o lisa. A mayor valor más grandes y suaves parecen las irregularidades.
- Con un valor alto de **reflectividad** la superficie simula los efectos de un espejo.
- El **grado de transparencia** controla la cantidad de luz que atraviesa una superficie. Un valor bajo corresponde con una superficie opaca.
- Por último se puede dar **luminosidad** a la superficie para crear focos de luz.

Elementos del diseño:

- *Difusores de aire inferiores:*

Un **difusor** (*Ilustración 67*) es una pieza afilada que suele ser parte del coche, normalmente encontrada en la parte inferior del coche. Puede ser localizada en la parte posterior, o muy cerca de las ruedas traseras.

Un difusor normalmente tiene una forma de curva que termina más arriba de donde comenzó y suele terminar en o muy cerca del final de vehículo [13].

El difusor tiene **dos funciones**:

- Reducir el arrastre
- Reducir la altura

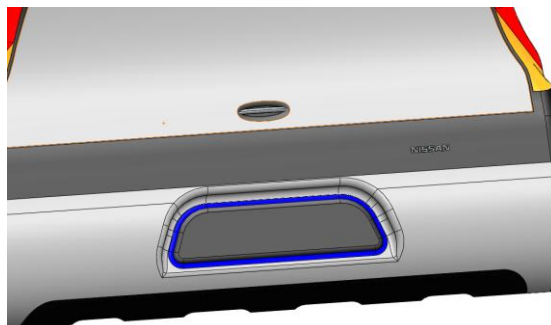


Ilustración 67 Difusor inferior

La **parte trasera del vehículo** es una zona en la que normalmente se genera turbulencia. El aire que pasa rápidamente por debajo del coche, tiende a encontrarse con el aire lento, y debido a la gran diferencia de velocidades genera

una turbulencia aún mayor. En consecuencia se genera un arrastre no deseado que puede hacer que el vehículo tienda a subir perdiendo agarre.

- **Espejos retrovisores laterales:**

Con un **retrovisor exterior** aerodinámico se previene la separación de la capa límite laminar en la cabeza del espejo y la reducción del tamaño de la estela turbulenta consecuente.

El espejo del vehículo comprende un **casco exterior aerodinámico** que tiene una superficie lisa, con orillas posteriores hacia adentro y hacia afuera, **Ilustración 68 y 69**). La superficie de unión se trata de un perfil aerodinámico que separa el casco de la carrocería para ubicarlo a la distancia necesaria para proporcionar un campo de visión óptimo [13].

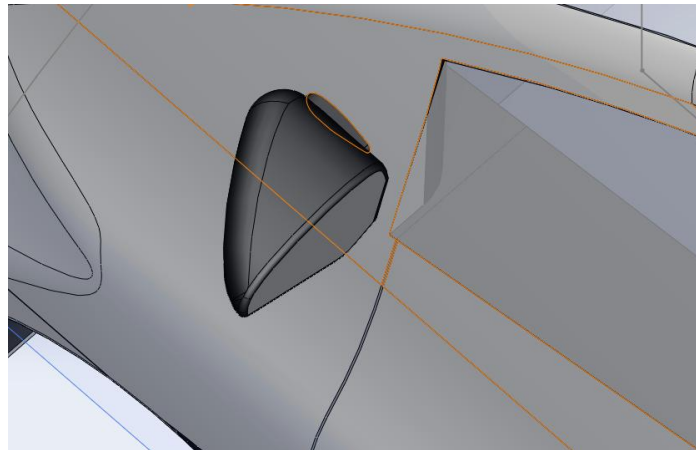


Ilustración 68 Retrovisor vista 1

Según la norma legislativa se requiere que los espejos laterales no magnifiquen la realidad, siendo por lo tanto son **convexos**. Para solucionar el problema de los puntos muertos, se incorporará en el **HUD** un aviso visual cuando se detecte mediante sensores de proximidad algún vehículo en el lateral del coche.

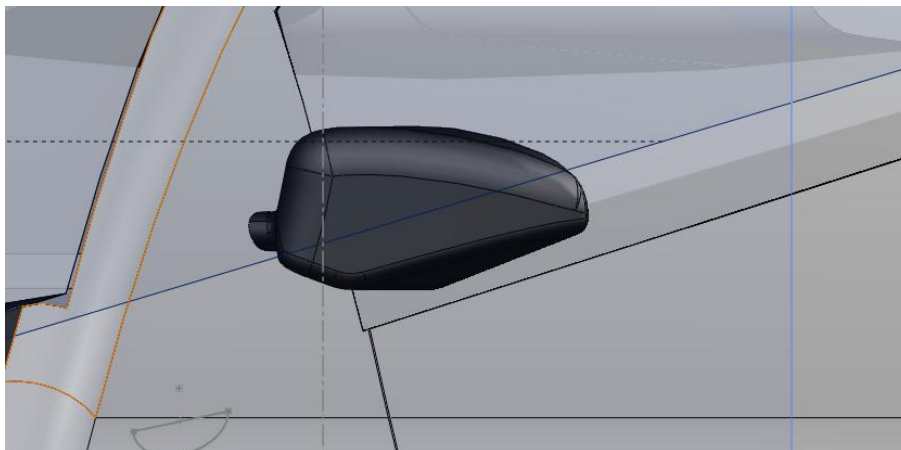


Ilustración 69 Retrovisor vista 2

- **Entradas/tomas de aire:**

Las **tomas de aire** (*Ilustración 70*) se utilizan para mejorar el balance térmico dentro del habitáculo del motor, o de algunas partes específicas del coche. Por lo general se utilizan para ventilar los frenos en los coches con altas prestaciones, mejorar la **refrigeración** del cambio de velocidades, la refrigeración del cárter del motor y refrigerar algunas piezas en particular, que por su función o la posición que ocupan adquieren altas temperaturas [1]. Es muy importante su utilización para mejorar el balance térmico de la refrigeración del coche.

También puede ser una ayuda para mejorar la temperatura del **sistema de aspiración del motor**, y para evitar entradas de agua exterior en el sistema de aspiración del motor, que podrían dañarlo.

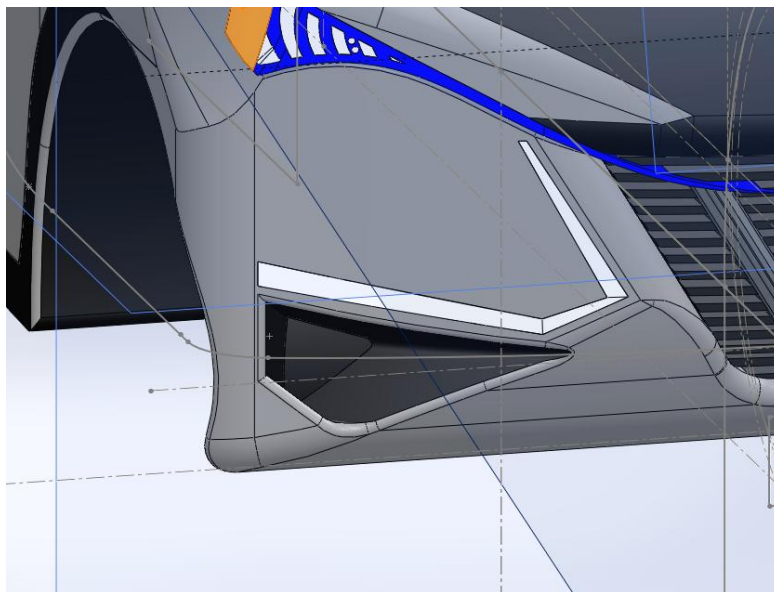


Ilustración 70 Entradas de aire

- **Paragolpes:**

Estos engloban gran variedad de elementos aerodinámicos además del paragolpes en sí. Los paragolpes juegan un papel muy importante en el diseño y en la estética del vehículo ,además de un papel fundamental caso de colisión.

Al reducir el espacio generalmente utilizado por el motor en la parte delantera la capacidad absorbente del vehículo también se reduce, por lo que se hace necesario desarrollar un sistema más eficaz que garantice la seguridad de los ocupantes. En el **capítulo 10** se desarrollará el sistema de absorción delantero propuesto para compensar la reducción del chasis delantero.

En el **diseño frontal** (*Ilustración 71*). se han utilizado detalles característicos presentes en los nuevos vehículos de la marca como son el embellecedor en forma de U cromado y el logo de la marca en la parte central.

La entrada de aire se diseñó a partir de los análisis de presiones calculados en el **capítulo 7**.

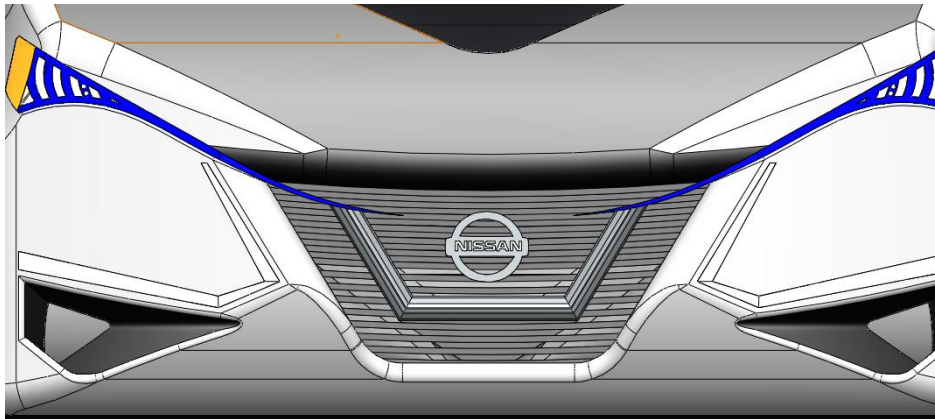


Ilustración 71 Frontal

- **Diseño del logo:**

El vehículo debe contar entre los acabados con el logo de la marca, el nombre y la versión.

El primer paso es realizar la **vectorización** del logo (**Ilustración 72**) para su posterior exportado y procesado 3D (**Ilustración 73 y 74**). En este caso se utilizó el programa **CorelDraw** y el logo de la marca Nissan.



Ilustración 72 Logo Vectorizado

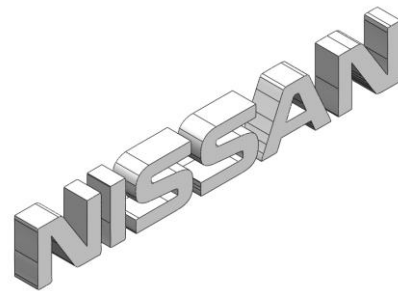


Ilustración 73 Diseño 3D nombre de la marca

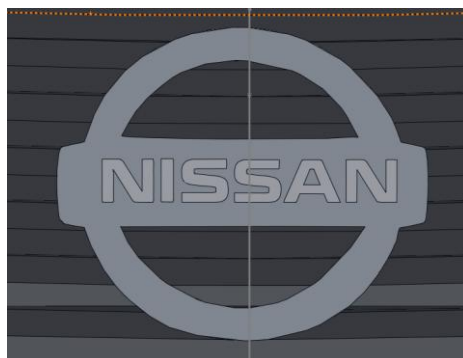


Ilustración 74 Diseño 3D logo de la marca

- **Detalles funcionales:**

Para ofrecer un mayor grado de detalle se han diseñado los **tiradores de las puertas** (*Ilustración 75*) y el maletero, así como la forma y tamaño de estas.

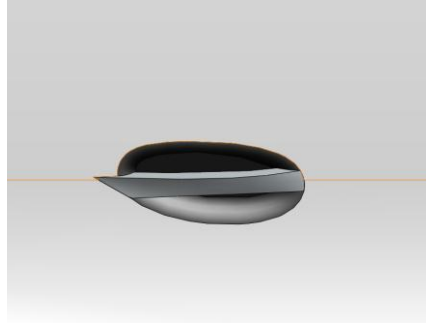


Ilustración 75 Tirador puerta

En la *ilustración 76* se puede observar el sistema de apertura de las puertas tipo **concha**.

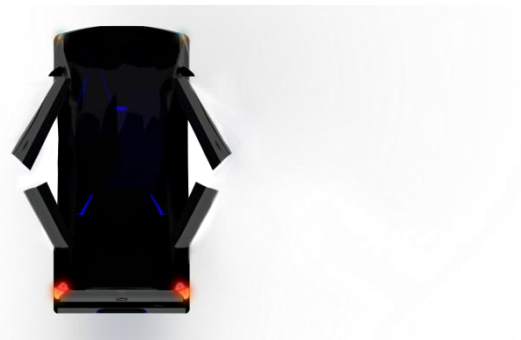


Ilustración 76 Sistema de apertura de puertas

En la *ilustración 77* se pueden observar detalles como la venta trasera, el maletero y su sistema de apertura o el nombre del modelo.

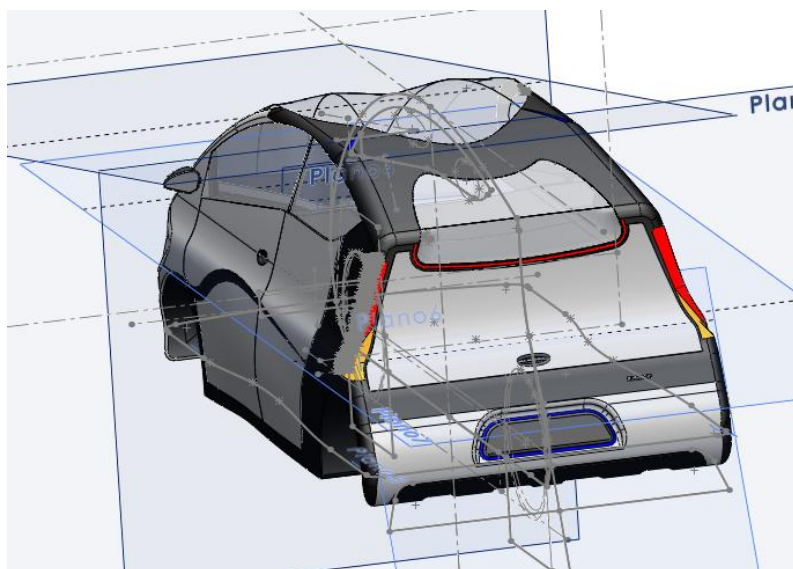


Ilustración 77 Vista lateral trasera

- **Luces:**

Para cumplir con la normativa se requiere de un sistema completo de luces que se pueden observar en las **ilustraciones 77, 78 y 79**:

- **Luces delanteras:** Largo y corto alcance para iluminar la calzada que consten de dos o cuatro lentes ubicadas simétricamente en el eje del vehículo.
- **Luces de día:** Dos focos dedicados a aumentar la visibilidad del coche durante el día. Sólo en Europa.
- **Luces de freno e intermitentes:** Luces para indicar el giro y el accionamiento del freno del vehículo situadas simétricamente en el eje del vehículo.
- **Luces antiniebla:** Dos focos simétricos delanteros que trabajen en condiciones de baja visibilidad.
- **Luz de freno trasera alta:** Una luz de freno adicional ubicada en la parte superior trasera del vehículo en el centro del eje.
- **Iluminación de la matrícula:** Una luz que ilumine la placa de matrícula trasera para hacerla legible por la noche.

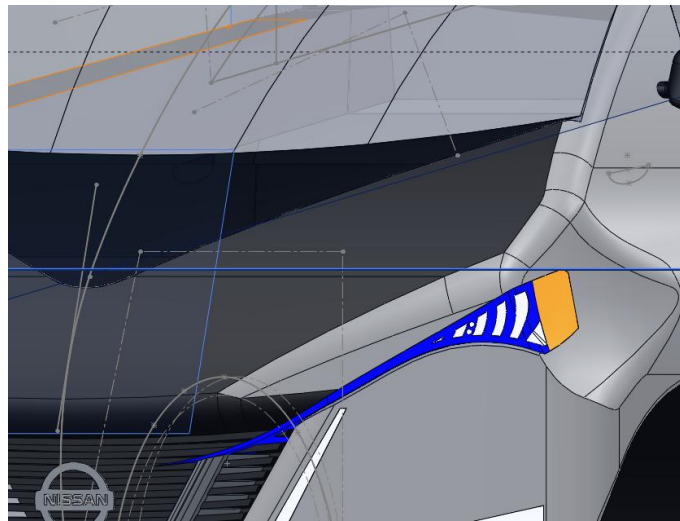


Ilustración 78 Luces delanteras

- **Elementos normativos:**

La colocación de **placas de matrícula** es un requisito para todo tipo de vehículos que circulen por carretera. Su tamaño, localización e iluminación están regulados por la normativa. Aunque generalmente no se suelen tener en cuenta en el proceso de diseño, sino que se colocan después, por la geometría especial de la parte trasera de nuestro prototipo se hace necesario crear un espacio adaptado a dicho efecto [1].

La normativa varía para *Europa y Estados Unidos*:

- **Europa:**

En la parte trasera la placa tendrá unas medidas de 520mm x120mm con un ángulo máximo sobre la vertical de +30° y -15°. Se ubicará a un altura comprendida entre 325mm y 1.175mm respecto al suelo.

- **USA/Canadá:**

La placa tendrá unas medidas de 152mm x 305mm con un ángulo máximo sobre la horizontal de 13.5°.

Por lo tanto para cumplir con ambas normativas se diseñará para un tamaño de 520mm x 152 mm, tamaño del porta matrículas que se puede observar en la **Ilustración 79**.

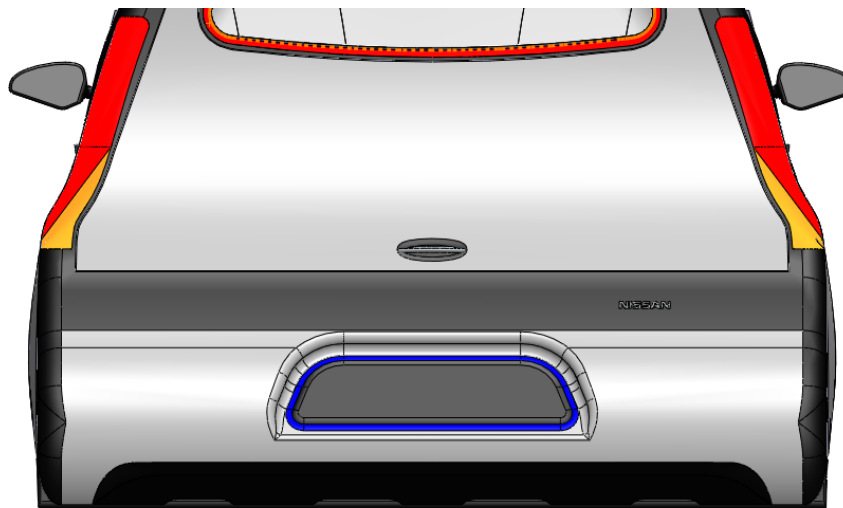


Ilustración 79 Matrícula

En la parte delantera la placa de matrícula se ubicaría en el **parachoques delantero** una vez instalados los sistemas de refrigeración, de forma que no bloqueé el flujo de aire [30].

- **Diseño de la carrocería:**

Se ha modelado a partir del **perfil** desarrollado en el **capítulo 8** y teniendo en cuenta todos los elementos constructivos se ha realizado la modelización de la carrocería. Comprobando las medidas con los modelos de los percentiles **SAE** y utilizando las series de *Renard* a la hora de elegir medidas.

Se ha dotado al vehículo de un amplio **parabrisas** que dote al ocupante de una sensación de amplitud en un vehículo de proporciones reducidas. Aunque en la concepción de la geometría se ha buscado exclusivamente la **eficiencia aerodinámica**, utilizando distintos elementos se ha intentado dotar del mejor aspecto visual posible para crear un producto atractivo y competente en el mercado.

En el **diseño de la carrocería** se han utilizado:

- 98 redondeos.
- 17 operaciones de extrusión
- 54 operaciones de corte
- 46 Recubrimientos de Superficie
- 15 operaciones de simetría
- 5 operaciones de cúpula
- 60 Croquis 2D (Ubicados en un plano definido)
- 19 Croquis 3D
- 8 Planos de referencia adicionales
- 2 Rellenos de superficie
- 6 Eliminaciones de cara
- 39 Recubrimientos de superficie
- 2 Recortes de superficie
- 1 Cosido de superficie
- 4 Cortes de barrido
- 14 Acabados superficiales

• **Vistas:**

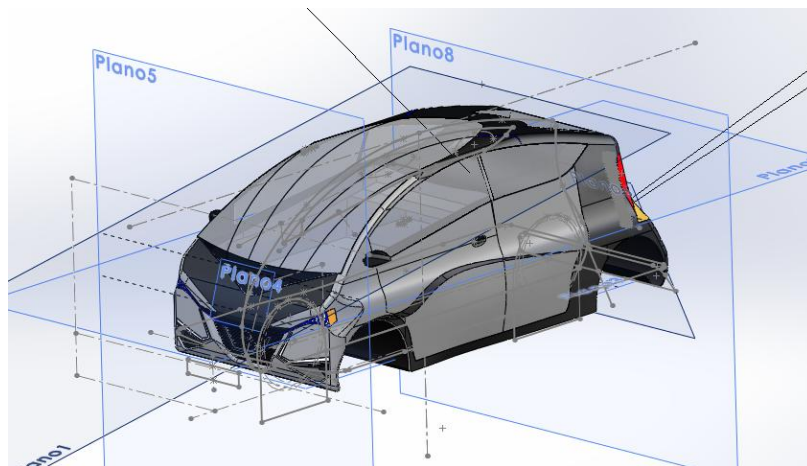


Ilustración 80 Vista carrocería

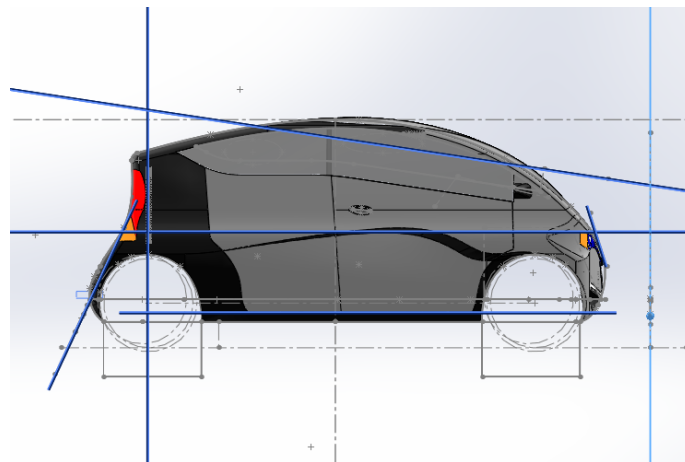


Ilustración 81 Vista lateral

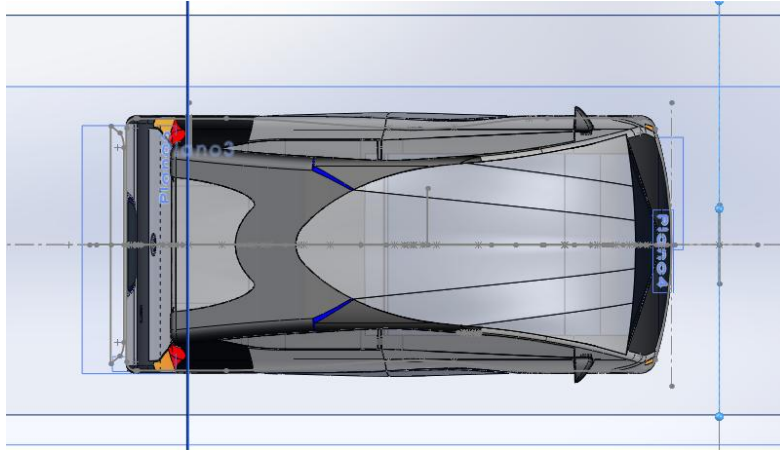


Ilustración 82 Vista superior

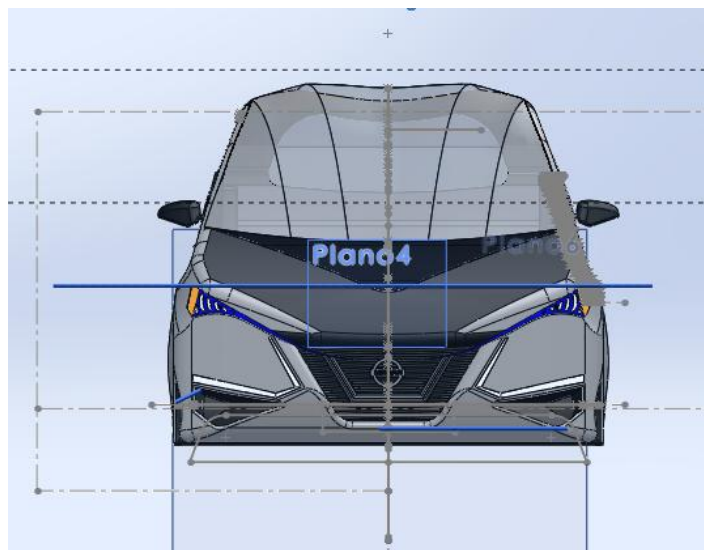


Ilustración 83 Vista frontal

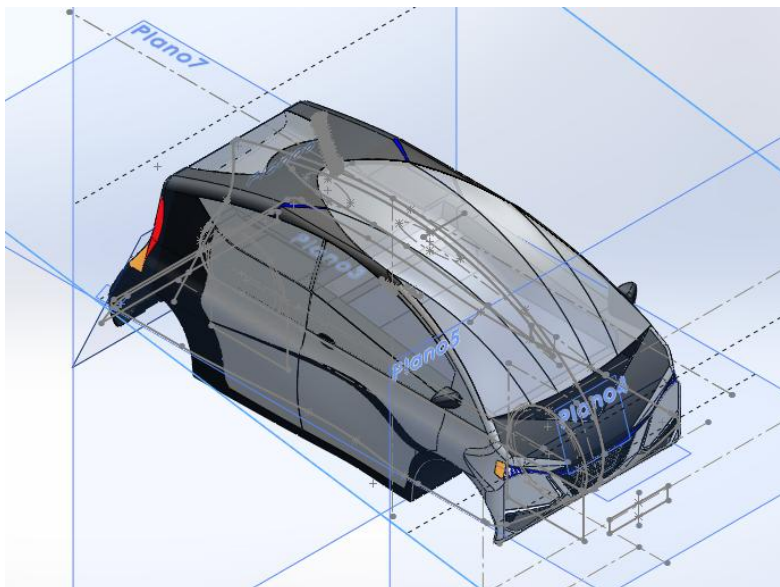


Ilustración 84 Vista Isométrica

- **Versión con mayor capacidad:**

El futuro de los vehículos es conseguir un producto totalmente personalizable. Como ejemplo de **diseño modular** y para dotar de un valor añadido al coche se ha desarrollado un segundo acabado de mayor capacidad.

Este segundo acabado varía únicamente en la parte trasera del vehículo, parte negra del vehículo representado en la **Ilustración 85**, siendo el resto de componentes los mismos en ambas versiones. Con esto se consigue ofrecer un amplio abanico de configuraciones con unos **costes de montaje mínimos**.

Con esta versión se consigue llegar al usuario que requiere mayor capacidad de carga alcanzando los **650L** de capacidad de carga.

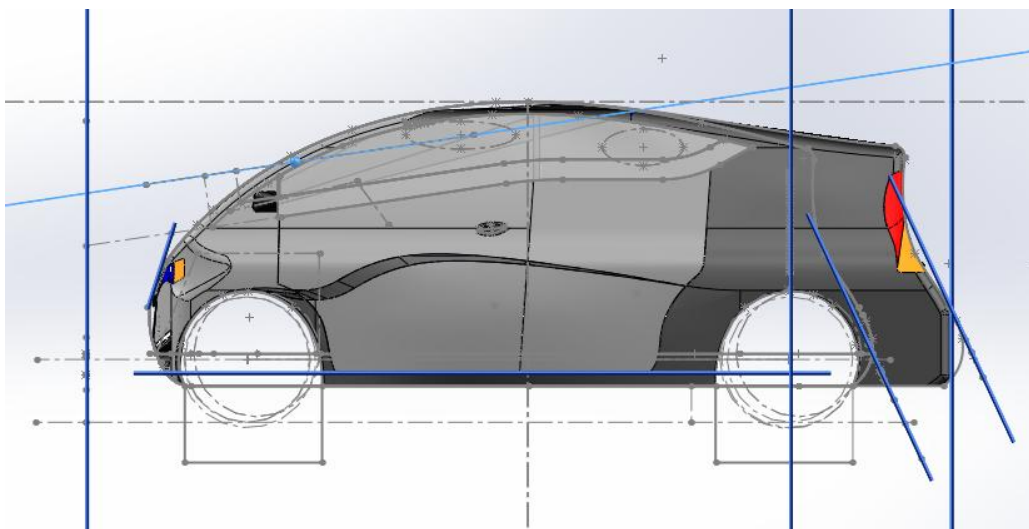


Ilustración 85 Versión XL

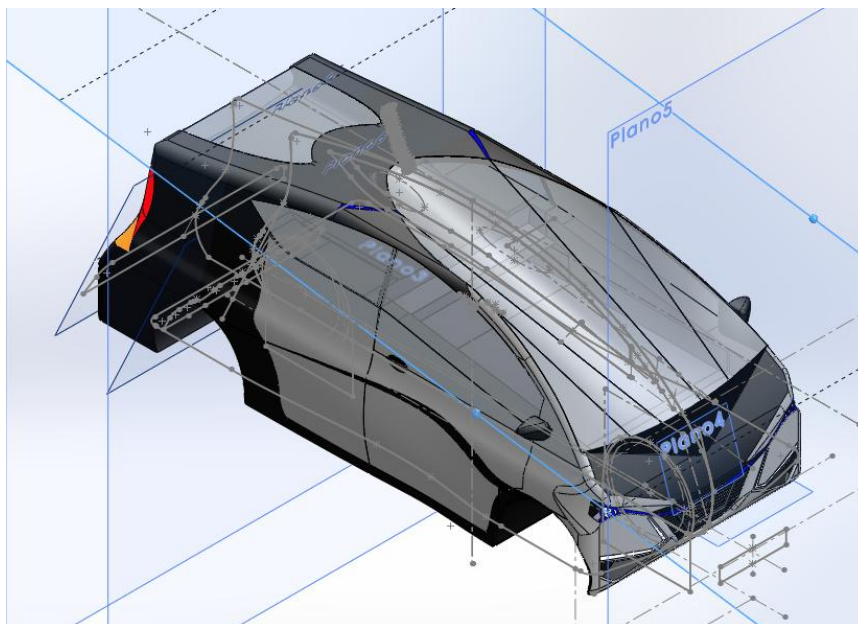


Ilustración 86 Vista isométrica versión XL

9. DISEÑO INTERIOR

El diseño interior del vehículo es una de las partes más complejas ya que debe encajar perfectamente con el espacio restante del chasis. Aunque el **proceso de diseño interior** sigue al del exterior, se pueden dar algunas excepciones en las que por características especiales del interior tales como sistemas de carga o asientos especiales, el exterior se adapte a estas necesidades.

La principal premisa es que el diseño interior tiene que ser **seguro**, por lo que cada elemento será diseñado para reducir los riesgos en caso de accidente.

El diseño interior del proyecto se centra en establecer la línea de diseño a seguir a través del panel de mandos, cuyo acabado se puede ver en la **Ilustración 87**.

Un buen diseño interior tiene que evitar las posturas incómodas o forzadas que producen un incremento del riesgo de fatiga, dolor o lesiones. La flexión lateral o giro del cuello y tronco influye negativamente en el incremento de la fatiga muscular y de la presión de los discos intervertebrales [8].

Aunque no forman parte del proyecto, los asientos deben proporcionar un soporte adecuado para la espalda y las piernas. Por lo que es importante que consten del mayor número de sistemas de ajustes posibles.

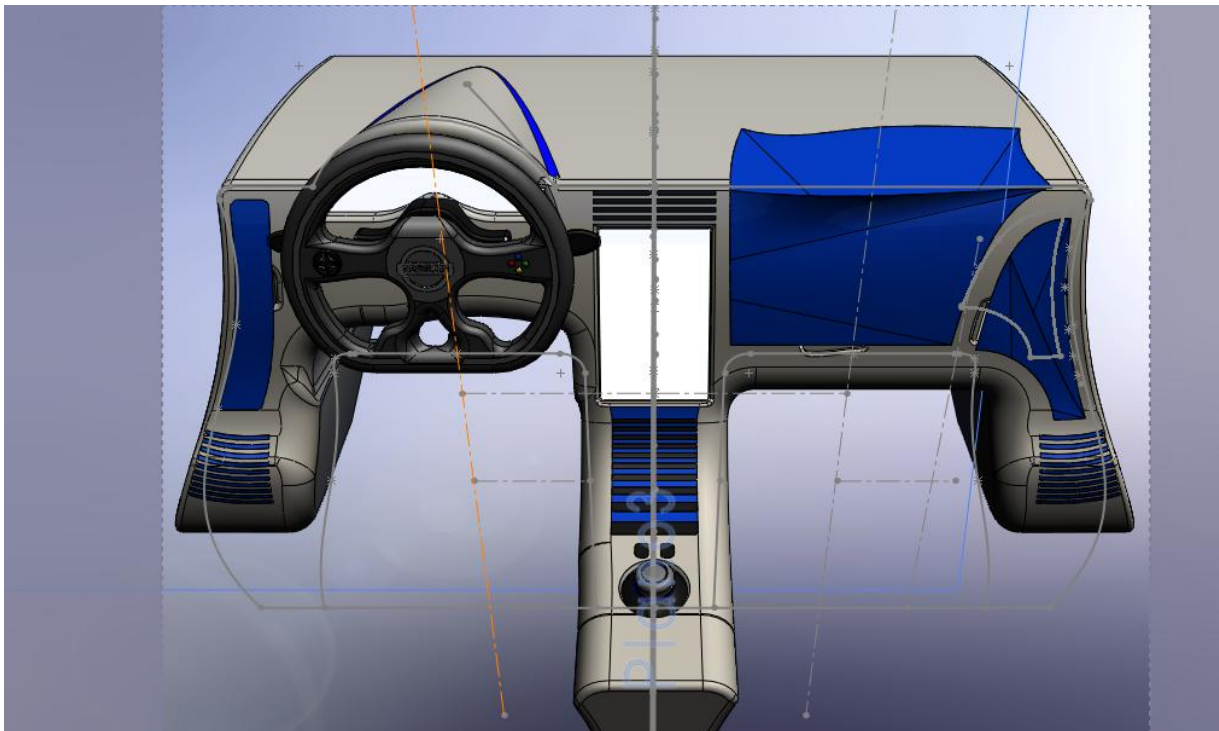
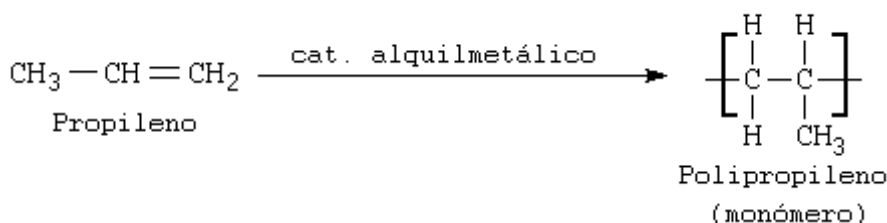


Ilustración 87 Conjunto interior

El uso de polipropileno en el diseño:

Se propone el **polipropileno reciclado** como material principal para la fabricación de los componentes interiores. Esto se justifica por su alta estabilidad térmica, ligereza, alta resistencia a la tensión y a la compresión y excelentes propiedades dieléctricas. También hay que destacar que no es tóxico y su buena aptitud para recibir tratamientos decorativos de superficie [5].

El polipropileno se obtiene de la polimerización del **PP** en presencia de catalizadores alquilmetálicos, proceso detallado en la **Ecuación 5**:



Ecuación 5 Síntesis del polipropileno

Estructuralmente el **polipropileno** es un polímero vinílico, similar al polietileno, contando con un grupo metilo unido a uno de los carbonos de la unidad monomérica.

El **polipropileno** es uno de los materiales más empleado por los constructores de automoción. El proceso de fabricación utilizado para la mayoría de los elementos interiores es el **moldeo por inyección**. Proceso que consiste en la **fusión** del material, junto con colorantes o aditivos, para introducirlo a presión en el interior de un molde. Durante el proceso la rigidez del material es crítica a la hora de realizar la expulsión del molde. Un producto que no sea lo suficientemente rígido será difícilmente desmoldado y será propenso a quedarse agarrado por los tetones de montaje de la pieza [14].

Cuanto menor sea la temperatura a la que alcance la rigidez requerida para el óptimo desmoldeo, mayor tiempo de enfriamiento y, por tanto, menor productividad de las piezas inyectadas.

No hay que olvidarse del **comportamiento acústico** de los materiales, siendo un aspecto fundamental en el diseño conseguir un habitáculo con bajos niveles sonoros. Con el fin de reducir los ruidos se pasó del **ABS** al **PP** en el interior de los coches, ya que las piezas formadas por compuestos de **PP** reforzados, los reducen drásticamente gracias a dos características de este material:

- Alto factor de pérdida mecánico
- Alto coeficiente de rozamiento (stick-slip)

En un proceso de amortiguación del ruido, la **energía vibratoria** se transforma en calor por la fricción interna (amortiguación interna). Para medir la amortiguación interna se utiliza el factor de pérdida mecánica.

En cuanto a la calidad superficial, los **polipropilenos reforzados** con productos **minerales** ofrecen superficies mates y de tacto "cálido". Con una presentación uniforme, sin estrías o líneas de flujo visibles ni efectos mates/brillantes. La selección específica de los tipos de minerales utilizados, además de la mayor fluidez de la base polimérica elegida y el uso de grados de reología controlada de alta fluidez y estrecha distribución de pesos moleculares, han mejorado claramente la calidad de las superficies.

Sin embargo, la propiedad que más problemas está generando es la deficiente **resistencia al rayado** de los compuestos reforzados con talco. Este es un mineral extremadamente blando, con valor de 1 en la escala de dureza de Mohs, lo que explicaría la baja resistencia al rayado [10].

Panel de instrumentos:

En contra de los paneles de instrumentos cada vez más saturados, con botones ubicados por todo el panel de instrumentos y poco homogeneizados entre vehículos, se ha diseñado un interior "limpio" y seguro. Llevando los controles al volante y con el uso del HUD, se evita que el conductor desvíe la mirada de la carretera. El uso de colores en los botones hace más sencillo e intuitivo el control de la interface, esta solución se puede ver en la **Ilustración 88 y 89**. La programación tendrá que dotar al botón verde de funciones positivas, "sí" y "aceptar" y al botón rojo de negativas, "no" y "cancelar".

Desde una **pantalla táctil** central de 10" se controlan todos los aspectos del vehículo. Una vez iniciada la marcha toda la información necesaria se proyecta en el parabrisas.

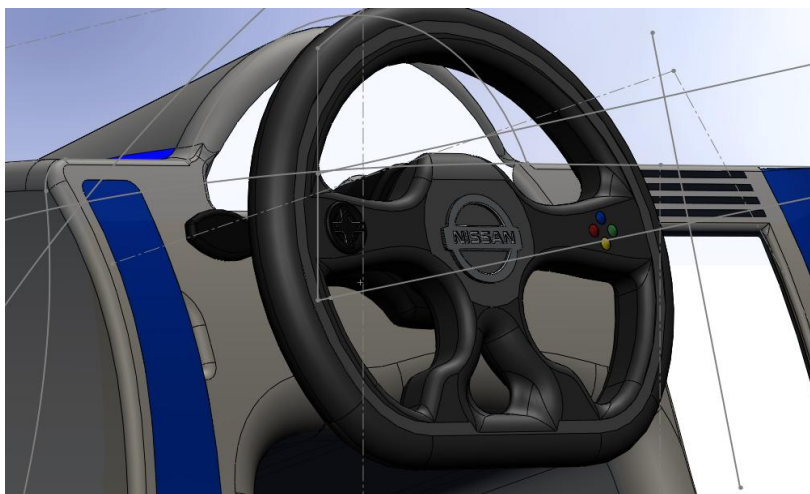


Ilustración 88 Volante

Es importante dotar al volante de **ajustes de altura** para mantener estas relaciones en cada usuario.

El **display** ubicado delante del volante tiene que ser completamente visible desde la posición del conductor. Para ello el eje del volante debe ser perpendicular al display y formar un ángulo comprendido entre 20 y 24°. La geometría del volante no puede interferir en la visión del conductor.

La parte más cercana del volante al conductor debe situarse a una distancia de entre 300mm y 325mm con respecto al **punto H**, y dejar una holgura hasta la pierna de 80mm a 100mm [1].

El **panel de instrumentos** debe quedar por debajo de la línea de visión directa del conductor, 20°-24° desde la elipse de visión con respecto a la horizontal.

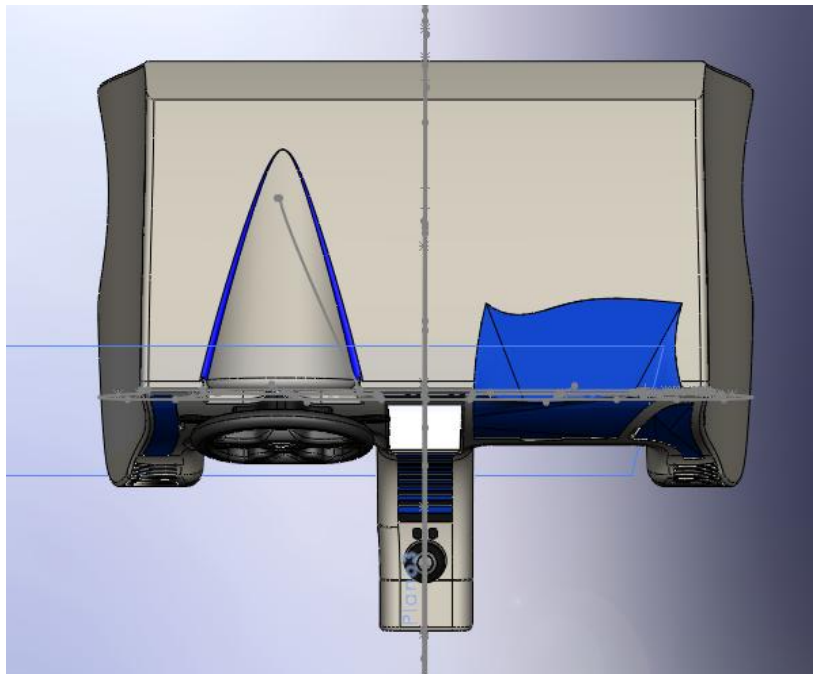


Ilustración 89 Vista superior del interior

El diseño de **múltiples espacios** cerrados (*Ilustración 90*) proporciona un habitáculo más confortable y seguro, evitando distracciones y que los objetos puedan salir despedidos. Además una vez dimensionado, se puede crear un amplio abanico de accesorios incorporados que puedan aumentar el nivel de **personalización** por parte del comprador.

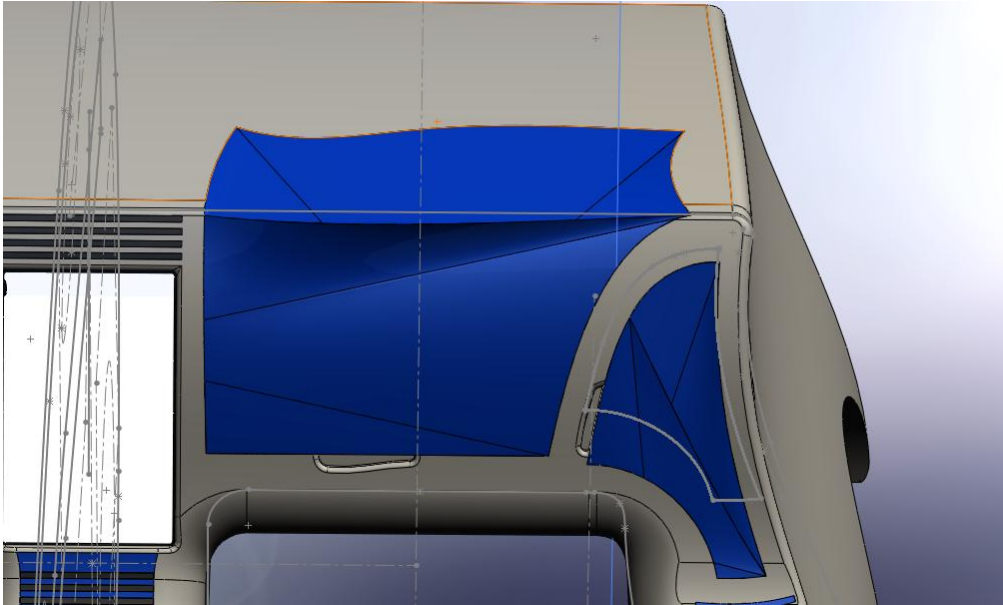


Ilustración 90 Guanteras

Para seleccionar el modo de conducción se dispone de un **controlador central** (*Ilustración 91*), con un botón en la parte superior para accionar el freno de estacionamiento.

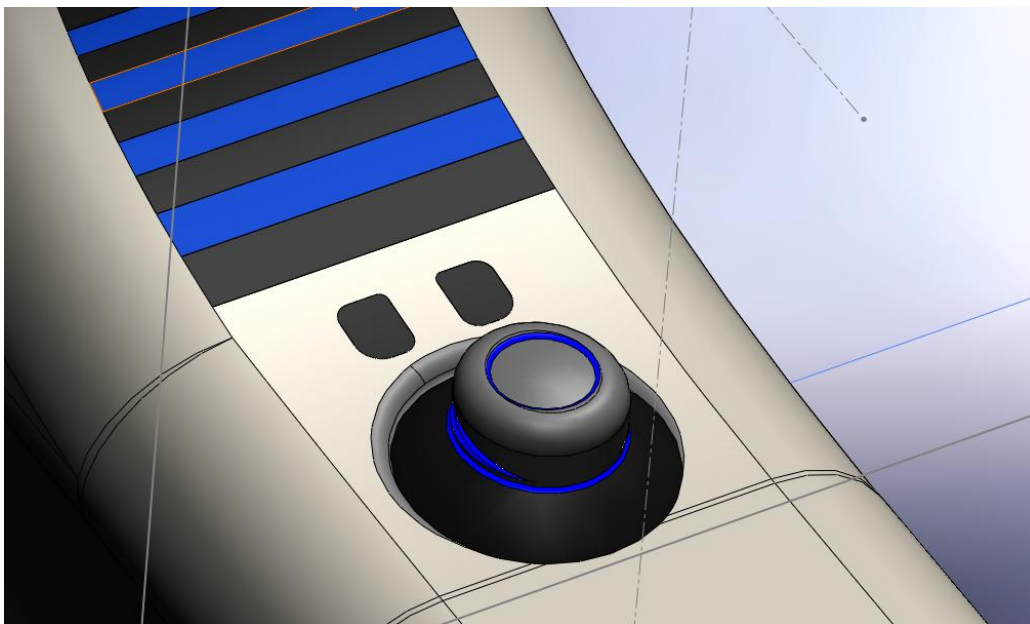


Ilustración 91 Controlador del modo de conducción

10. DISEÑO DE LOS COMPONENTES

Llantas :

Cuando se selecciona la **rueda** el objetivo principal es combinar estética y funcionalidad. Estéticamente se tiende a buscar una llanta grande combinada con un neumático bajo. Aunque esta combinación no es la más adecuada para el uso real, es una buena opción para el vehículo "concepto", por su impacto visual.

Sin embargo, en el proyecto se ha utilizado la rueda real que montará el vehículo de 17", con un neumático de 215/45 R17. Es decir, el **perfil del neumático** será de 96.75mm y el ancho 215mm.

El objetivo aerodinámico a conseguir en el diseño de las llantas es reducir la gran turbulencia que generan las ruedas. Hay que considerar su importancia en la refrigeración de los frenos y del sistema motor que se encontrara adherido a ella en nuestro vehículo.

En el diseño, el punto de referencia para el diseño del vehículo será el centro de la rueda, que se ubicará teniendo en cuenta el recorrido de la suspensión y la medida total de la rueda con el neumático montado. En este aspecto hay que tener en cuenta la deformación del neumático debida al peso y a la calzada, que se puede estimar en 15-20mm. Aunque en este tipo de vehículo el **ángulo de caída** sea prácticamente nulo, en el diseño de un coche deportivo hay que tenerlo en cuenta para conseguir un buen ensamble con la geometría de la carrocería [13].

En este proyecto el diseño de la llanta (**Ilustración 92**) únicamente tendrá una **función estética**, para poder otorgar una visión completa del vehículo.



Ilustración 92 Llanta

Modelos 3D de los percentiles:

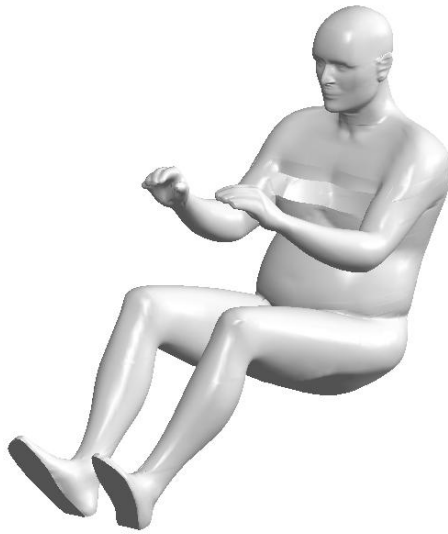


Ilustración 93 Percentil 95 hombre



Ilustración 94 Percentil 5 mujer

Para realizar las comprobaciones dimensionales del diseño **3D** se utilizaron los modelos de los percentiles proporcionados por **SAE [30]** **Ilustración 88** e **Ilustración 89**.

Motor integrado en la rueda:

Para adjuntar en los entregables del concurso una **vista explosionada** que identifique visualmente la solución aportada para el sistema motor, se ha diseñado un conjunto de **4 componentes** (ver en el **ANEXO VISTAS PIEZAS MOTOR**).

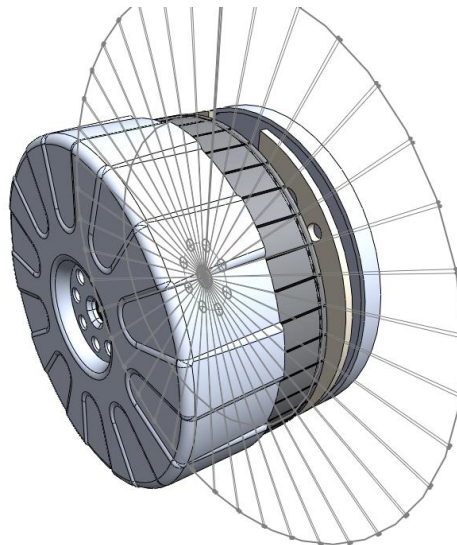


Ilustración 95 Conjunto Motor

Chasis delantero:

Para compensar la reducción de la parte delantera se propone un **sistema de absorción** a base de materiales compuestos (*Ilustración 96*). Este sistema de absorción tendrá sus vigas con una configuración tipo "**panel de abeja**" en dirección de avance del vehículo. Siendo necesario un estudio en profundidad para determinar el número de paneles y el espesor óptimo.

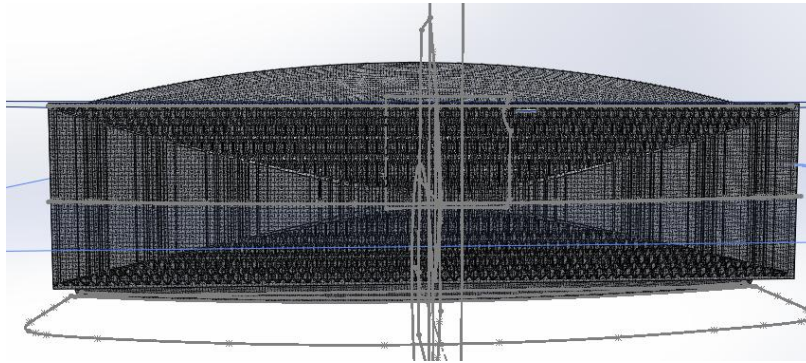


Ilustración 96 Vista frontal paragolpes

La solución aportada se basa en cubrir una **estructura metálica** mediante una **matriz epoxi** mediante **impresión 3D** y cubierta de un laminado exterior de **fibra de carbono y poliéster**.

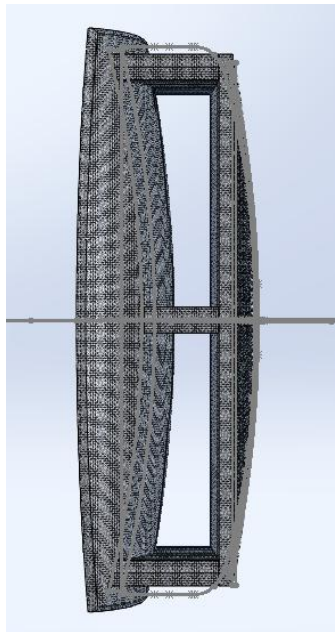


Ilustración 97 Vista superior paragolpes

Dotando a la geometría de absorción de la curvatura necesaria para que realice un **efecto "huevo"**, distribuyendo las cargas por el resto de la estructura metálica del chasis [15].

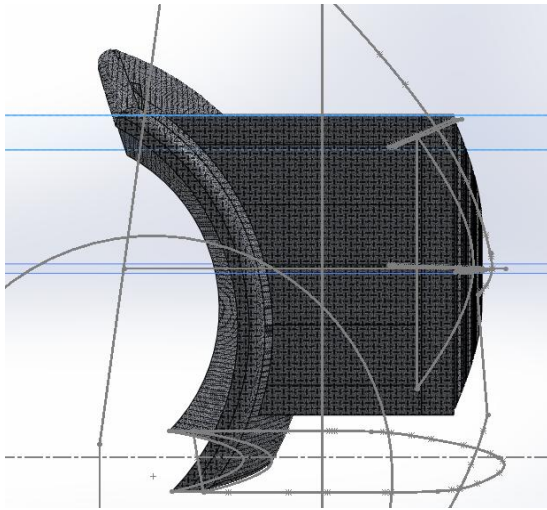


Ilustración 99 Vista lateral paragolpes

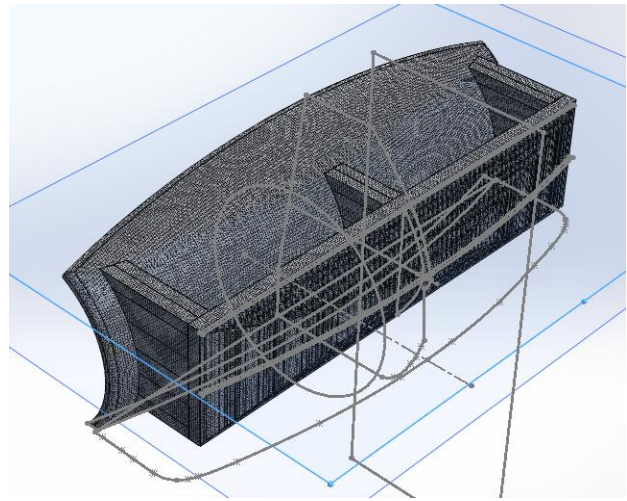


Ilustración 98 Vista isométrica paragolpes

Baterías:

El diseño del *Leaf* ubica la batería, que es lo más pesado en cualquier vehículo eléctrico, **debajo de los asientos (Ilustración 100 y 101)**, colocando el centro de gravedad tan bajo como es posible e incrementando la rigidez estructural comparada con otro coche convencional de cinco puertas



Ilustración 1021 Baterías Nissan Leaf



Ilustración 100 Posición baterías

Las baterías utilizadas en el vehículo serán de la marca **AESC** con un total de **60 módulos** (12 más que en el modelo *Leaf*). Estas baterías proporcionarán una capacidad de 30kWh y un peso adicional de 50kg respecto al primer modelo, que se compensarán con la reducción del **Cx** y el chasis, **umentando la autonomía en un 25%** [29].

11. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Conclusiones:

El proceso de diseño de un nuevo vehículo concepto no se limita a un aspecto estético. Incluyendo la ingeniería en esta parte del diseño se consigue un producto más sólido y en armonía con la tecnología aplicada.

Con esta propuesta se ha establecido una guía para realizar los primeros pasos en el diseño de un vehículo, sentando las bases necesarias para realizar una propuesta que se pueda evolucionar en un futuro y no pase por alto aspectos importantes del diseño.

También se ha querido abrir una línea de investigación determinante en el futuro de la automoción, el desarrollo de sistemas de absorción con materiales compuestos. En los vehículos eléctricos del futuro, será necesario contar con sistemas de absorción más reducidos y eficaces, que permitan diseñar vehículos con altas prestaciones y volúmenes reducidos, pero cada vez más seguros.

El 24 de Septiembre de 2014 este proyecto fue galardonado con el **Premio del Público al Mejor Diseño del 17º Concurso de Diseño Autopista Nissan**. Otorgado por el voto de los lectores de la revista *Autopista*.

Trabajos futuros:

En este proyecto se ha realizado el primer paso en el diseño de un vehículo, el desarrollo del concepto.

Las posibles líneas de trabajo que se abren con este proyecto son la evolución del diseño hasta su comercialización, abarcando un gran número de ramas dentro de la ingeniería y fuera de ella:

- El paso siguiente sería la fabricación de maquetas y el diseño detallado de los componentes.
- En una línea paralela, desarrollar un sistema de absorción reducido.
- Desde un punto de vista comercial, realizar el cálculo de costes y viabilidad de las implementaciones tecnológicas del vehículo.
- Determinar los procesos de fabricación de cada uno de los componentes del vehículo.
- Programación del sistema HUD.
- Desarrollo de un sistema de motor en la rueda propia.
- Implantación de un sistema de diseño modular en la cadena de montaje de la empresa.

12. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- [1] **STUART MACEY. GEOFF WARDLE**, *H-Point The Fundamentals of Car Design & Packaging*, Art Center College of Design (2009).
- [2] **KALPAKJIAN SEROPE, SCHMID STEVEN**, *Manufactura, ingeniería y tecnología* (4ª edición). Pearson Education. p. 1073, (2001).
- [3] **GEORGANO, G.N.** *Cars: Early and Vintage, 1886-1930*. London: Grange-Universal (1985).
- [4] **NOGAREDA C.** *Ergonomía*. 5ª edición, Madrid, INSHT, (2008).
- [5] **MICHAEL F. ASHBY**, *Materials Selection in Mechanical Design*, Elsevier (2005).
- [6] **JASON C. BROWN, A. JOHN ROBERTSON, STAN T. SERPENTO**, *Motor Vehicle Structures*, Butterworth-Heinemann (2002).
- [7] **SCOTT OPENSHAW, ERIN TAYLOR**, *Ergonomics and design reference guide white paper*, Allsteel (2006).
- [8] **F.JAVIER LLANEZA ÁLVAREZ**, *Ergonomía y Psicología aplicada Manual para la formación del especialista*, 8ª Edición. Lex Nova.
- [9] **ANTONIO AMENGUAL PERICAS**, *La seguridad vial y los accidentes con salida de calzada*, Hiasa-Cursos de Formación de Auditores de Seguridad Vial de la Asociación Española de Carretera (2005).
- [10] **A.I. MONTENEGRO GARCÍA**, *Mejora de la resistencia al rayado en compuestos de polipropileno*, Octavas Joradas de Automoción del Centro Español de Plásticos, Repsol-YPF.
- [11] **B.PEACOCK**, *Automotive Ergonomics*, Taylor & Francis (1993).
- [12] **CHARLES HIRSCH**, *Numerical Computation of Internal and External Flows: The fundamentals of computational fluid dynamics*, 2ª Edición, Butterworth-Heinemann (2007).
- [13] **JULIAN HAPPIAN SIMTH**, *An introduction to Modern Vehicle Design*, Butterworth-Heinemann (2001).
- [14] **ALBERTO ROSA SIERRA**, *Estrategia de diseño basada en nuevos materiales*, Editorial Universitaria (2013).
- [15] **ANDRÉ RICARD**, *Casos de diseño*, Ariel (2012).
- [16] **F.APARICIO**, *Teoría de los Vehículos Automóviles*, Escuela Técnica Superior de Industriales, Sección de Publicaciones (2001)



Manuales:

[17] ANSYS Fluent 6.3 Documentation

[18] SolidWorks 2012

Páginas Web:

[19] www.autopista.es (Julio 2014)

[20] www.tecnocoche.com (Mayo 2014)

[21] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es> (Agosto 2014)

[22] <http://inyeccionplasticos.blogspot.com.es> (Agosto 2014)

[23] www.greencarreports.com (Julio 2014)

[24] www.proteanelectric.com (Junio 2014)

[25] www.xataca.com (Mayo 2014)

[26] www.cardesignonline.com (Mayo 2014)

[27] www.conceptcar.co.uk (Mayo 2014)

[28] www.euroncap.com (Agosto 2014)

[29] www.wikipedia.org (Agosto 2014)

[30] www.sae.org (Junio 2014)

[31] www.tecmovia.com (Agosto 2014)

Normativa:

- Real Decreto 2822/1998
- International Standard ISO 7250, 1996. Basic human body measurements technological design.
- UNE-EN-547-1-1997-A1-2009
- UNE-EN-547-2-1997-A1-2009
- UNE-EN-547-3-1997-A1-2008
- UNE-EN-15563-2007
- UNE-EN-ISO-14738-2010
- Directiva 2003/37/CE

ANEXO

NISSAN LEAF:

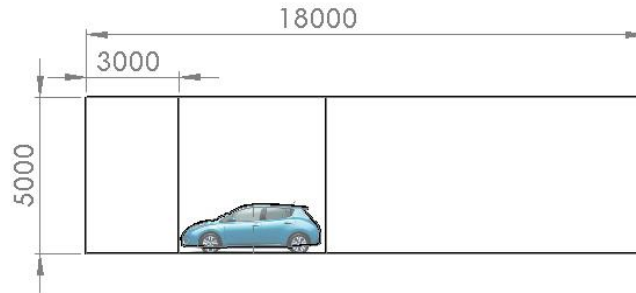


Ilustración 103 Geometría Leaf

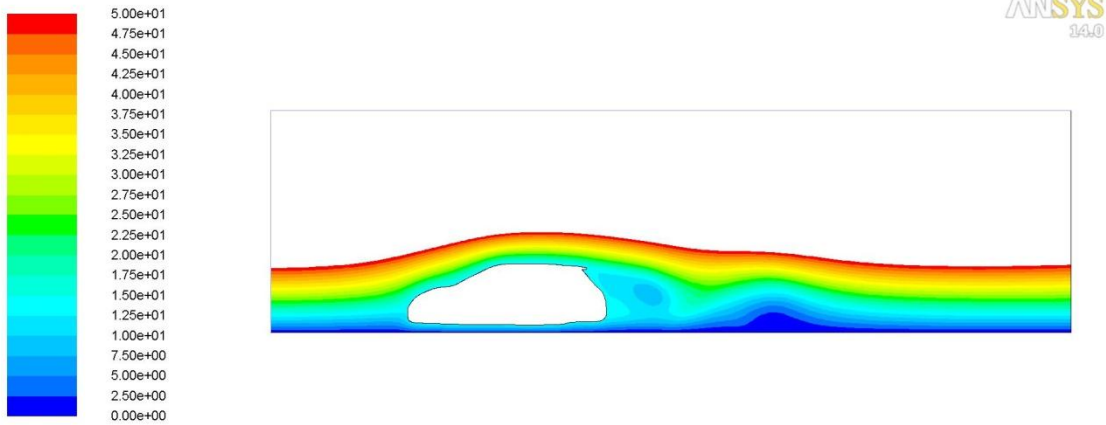


Ilustración 104 Líneas de corriente Leaf

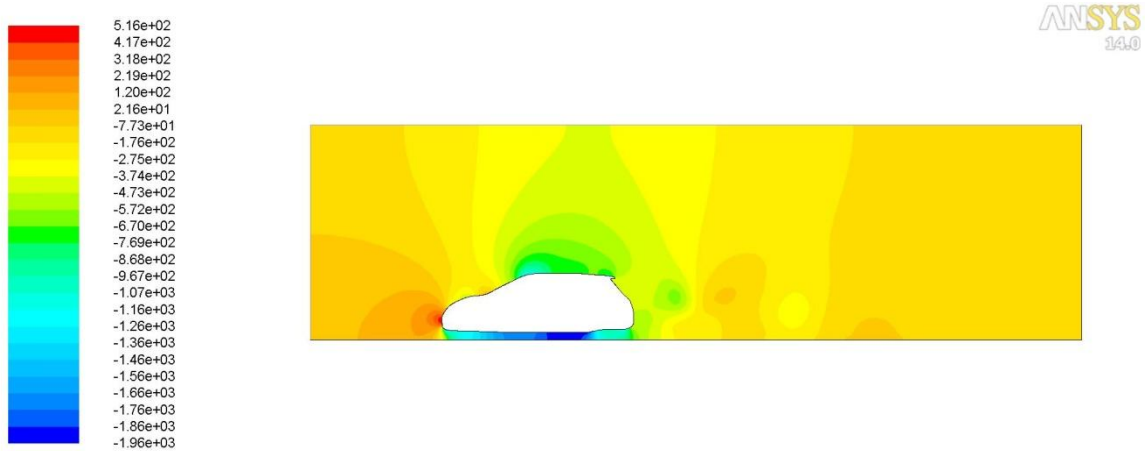


Ilustración 105 Distribución de presión Leaf

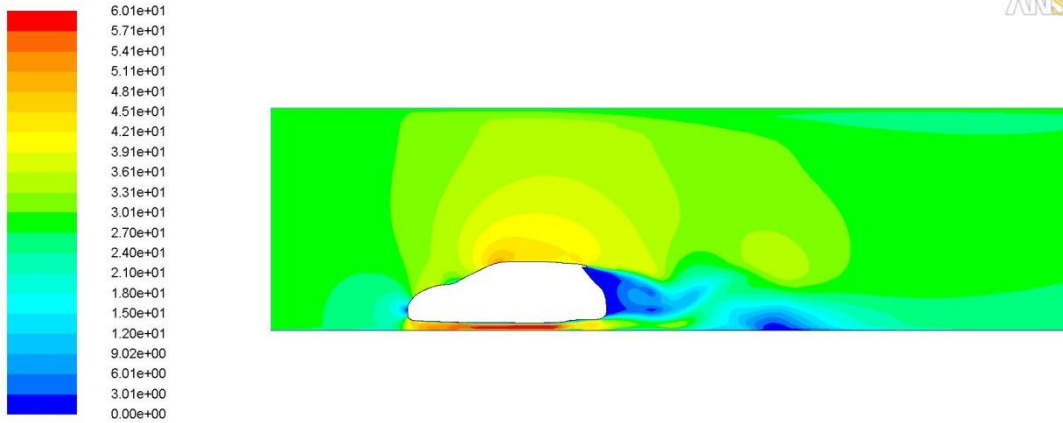


Ilustración 106 Velocidad Leaf

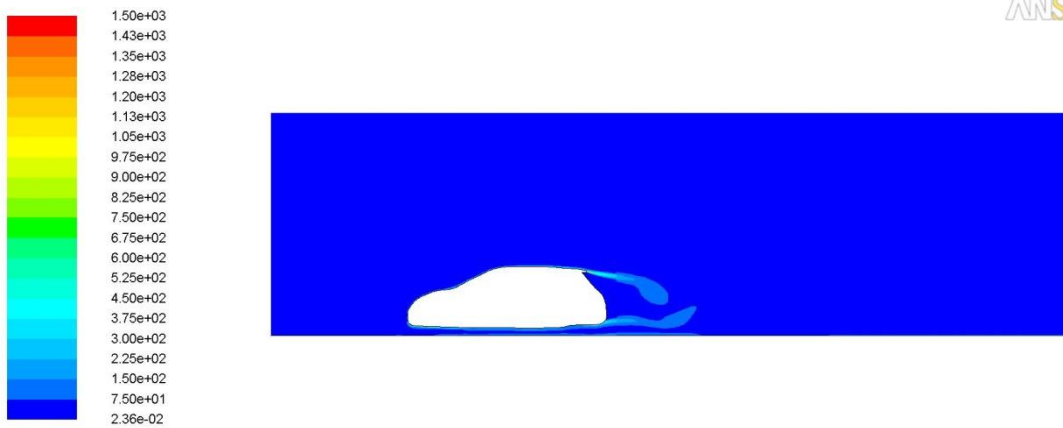


Ilustración 107 Vorticidad Leaf

GEOMETRÍA PROYECTO:



Ilustración 108 Geometría Proyecto

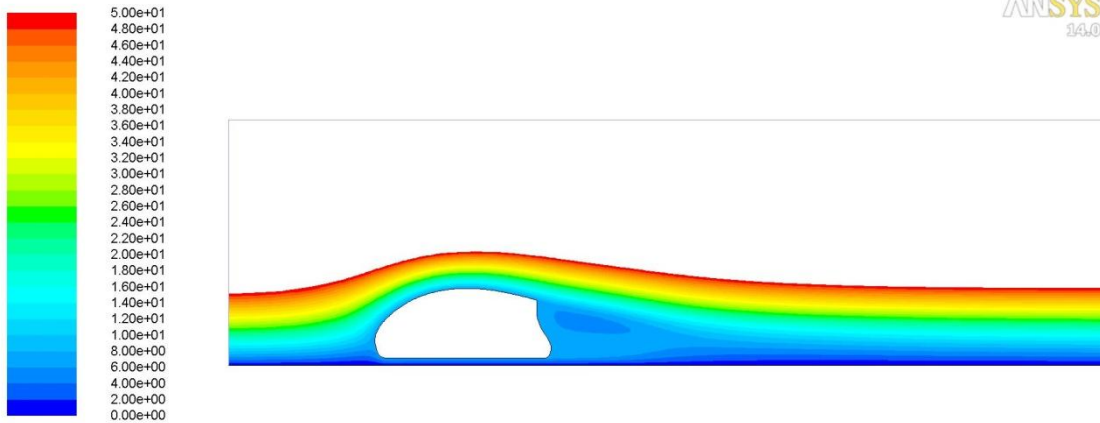


Ilustración 109 Líneas de corriente Geometría Proyecto

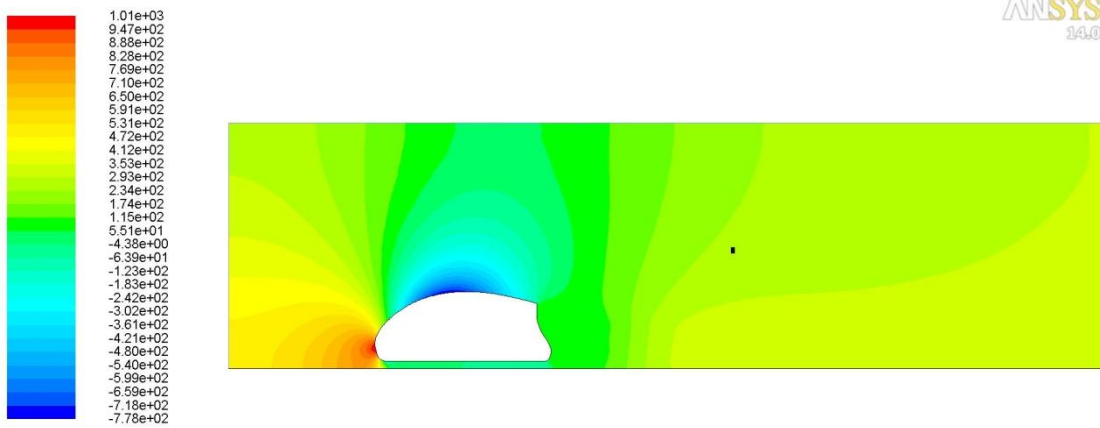


Ilustración 110 Presión Geometría Proyecto

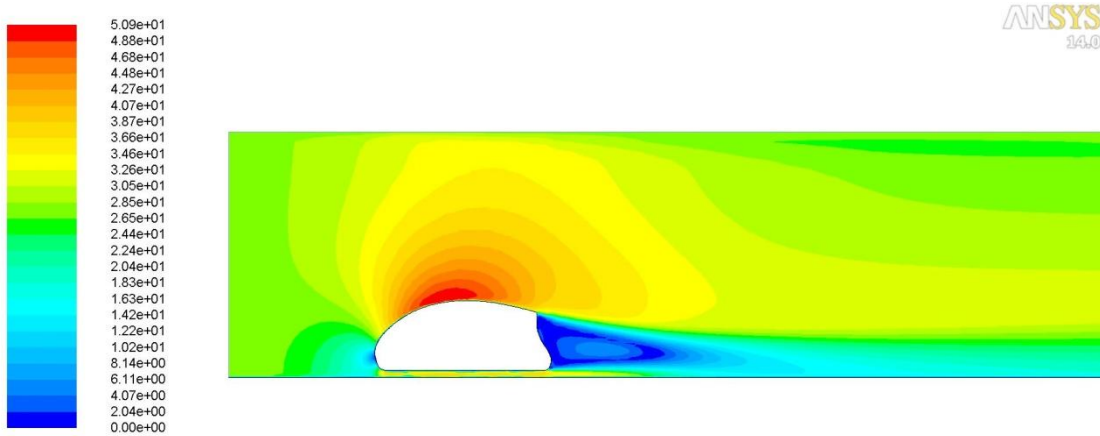


Ilustración 111 Velocidad Geometría Proyecto

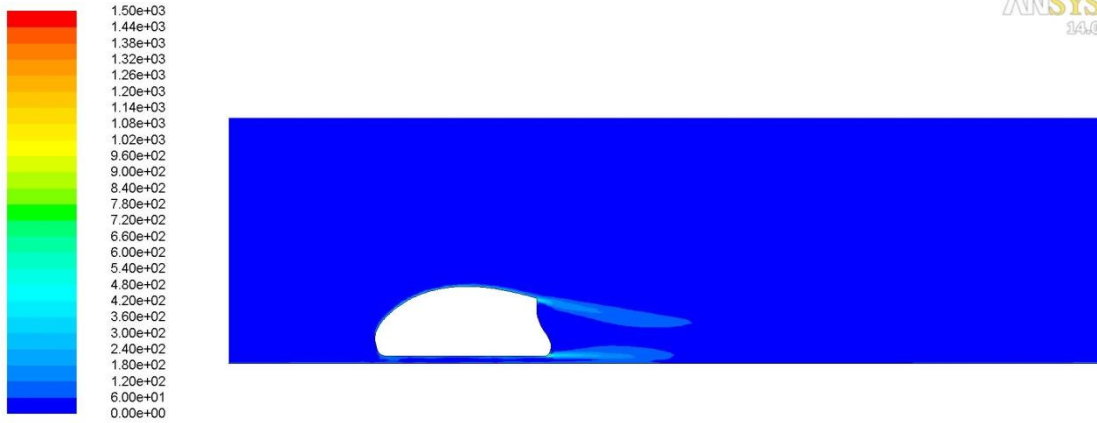


Ilustración 112 Vorticidad Geometría Proyecto

GEOMETRIA 1



Ilustración 113 Geometría 1

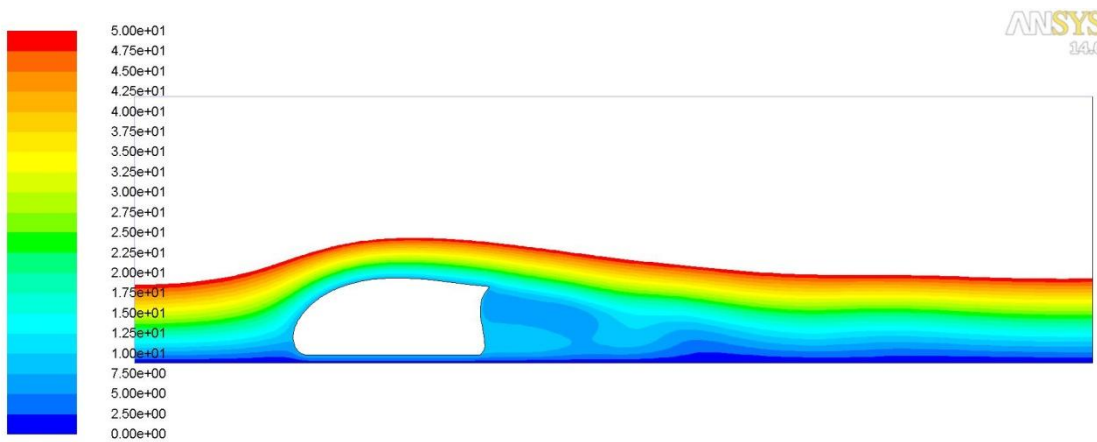


Ilustración 114 Líneas de corriente Geometría 1

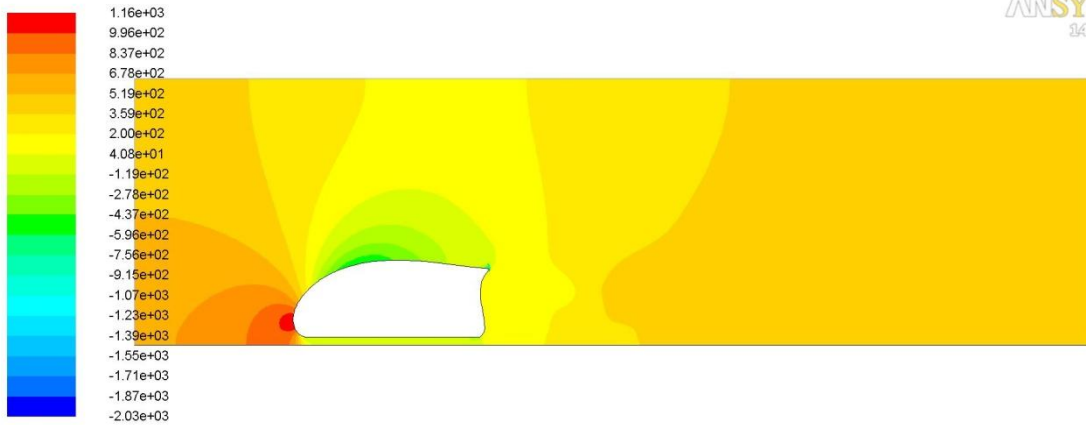


Ilustración 115 Distribución de presión Geometría 1

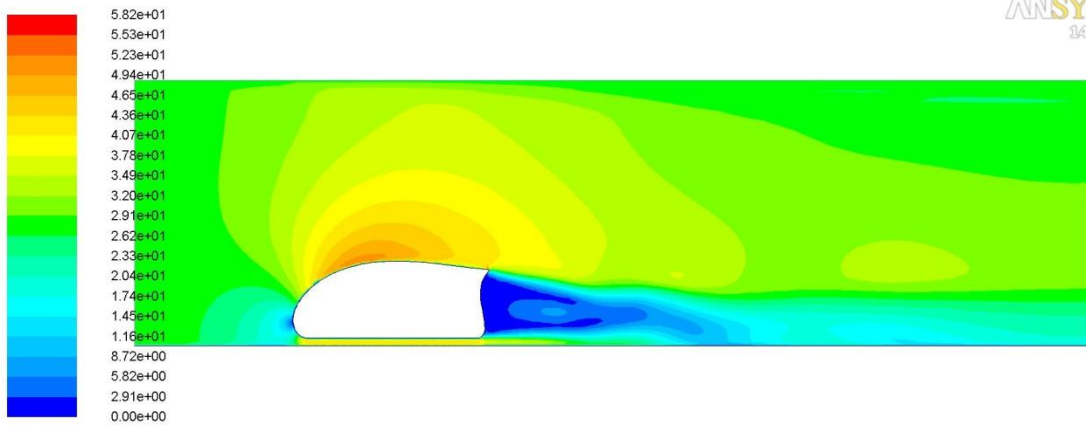


Ilustración 116 Velocidad Geometría 1

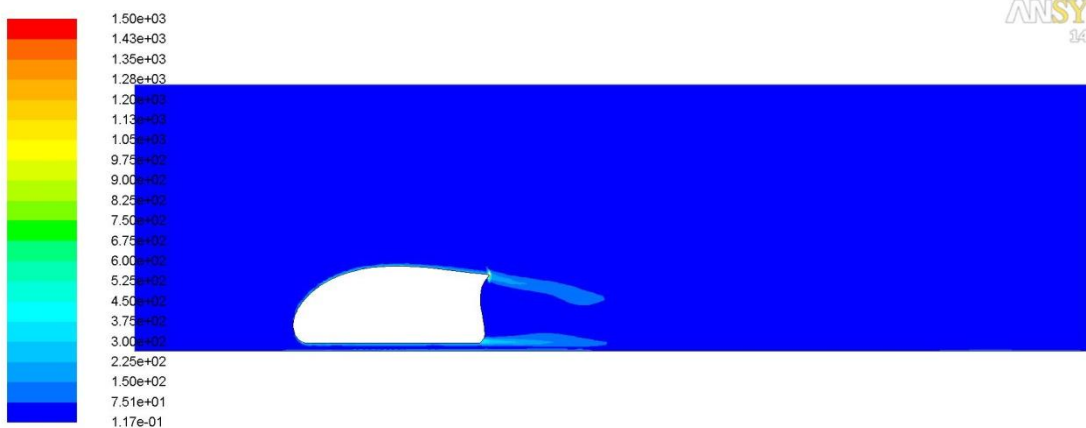
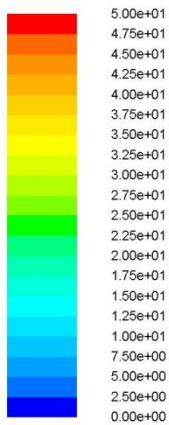


Ilustración 117 Vorticidad Geometría 1

GEOMETRÍA 2



Ilustración 118 Geometría 2



ANSYS
14.0

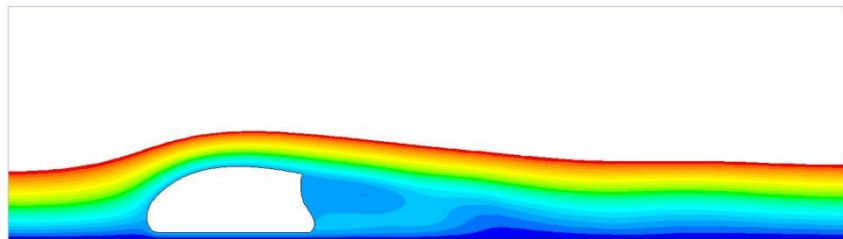
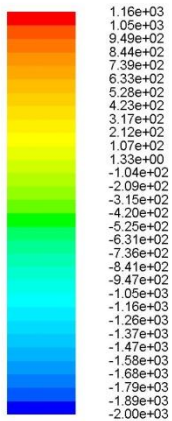


Ilustración 119 Líneas de corriente Geometría 2



ANSYS
14.0



Ilustración 120 Presión Geometría 2

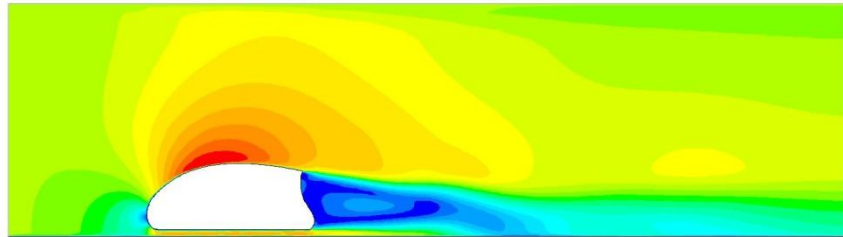
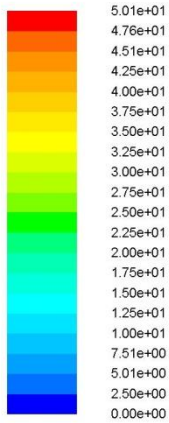


Ilustración 121 Velocidad Geometría 2

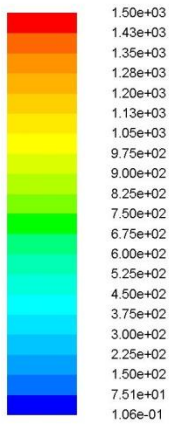


Ilustración 122 Vorticidad Geometría 2

GEOMETRÍA 3



Ilustración 123 Geometría 3

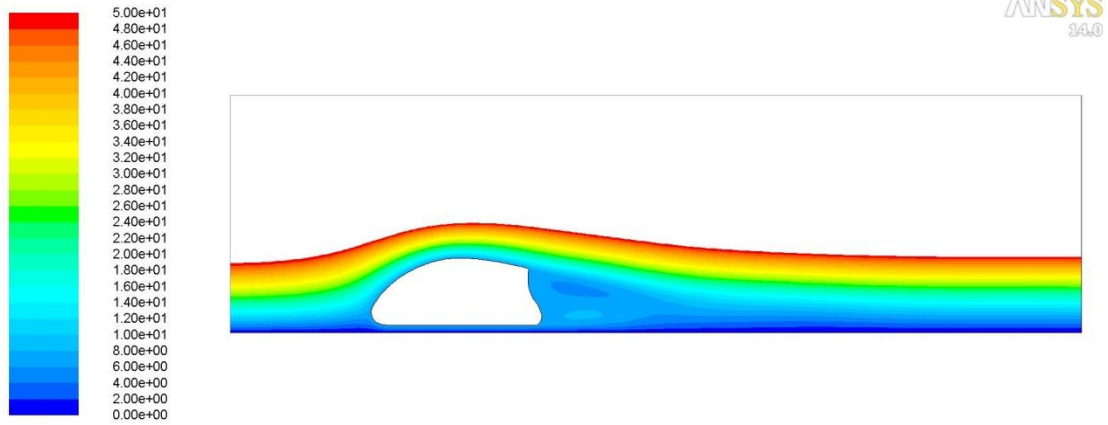


Ilustración 124 Líneas de corriente Geometría 3

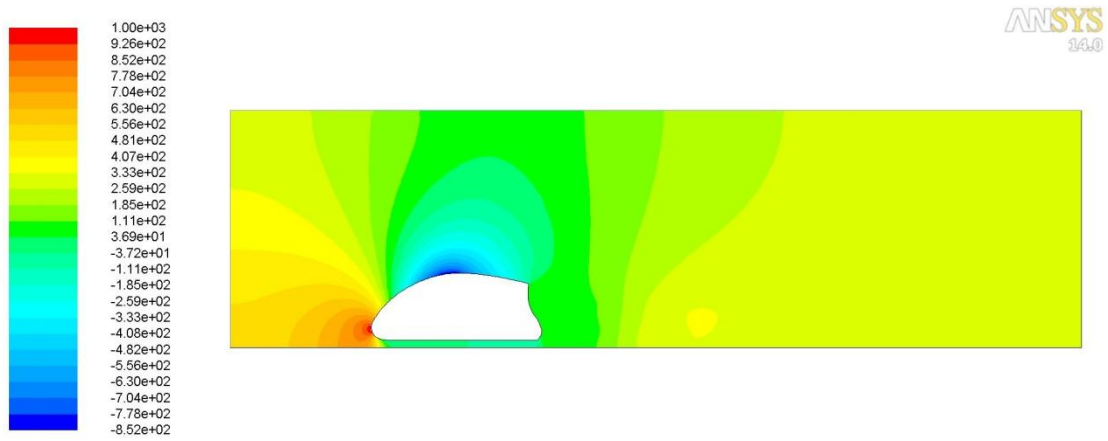


Ilustración 125 Presión Geometría 3

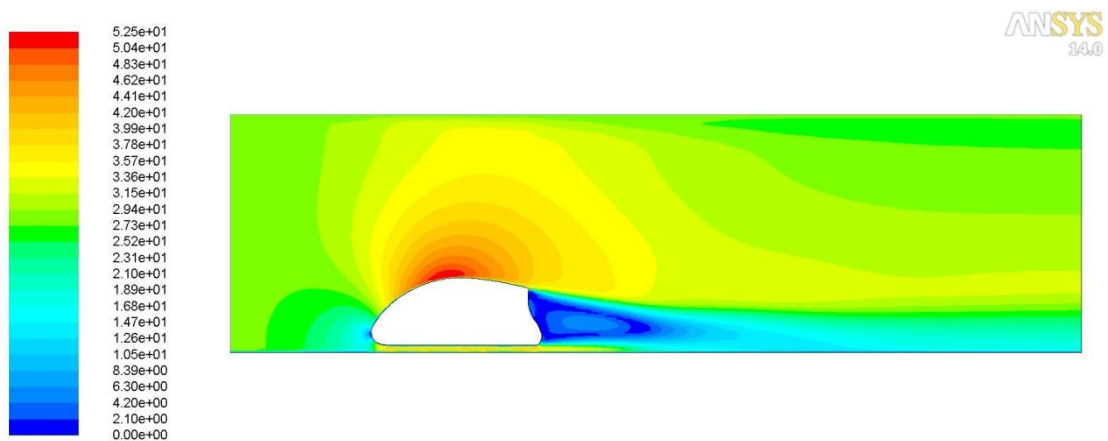


Ilustración 126 Velocidad Geometría 3



Ilustración 127 Vorticidad Geometría 3

GEOMETRÍA 4



Ilustración 128 Geometría 4

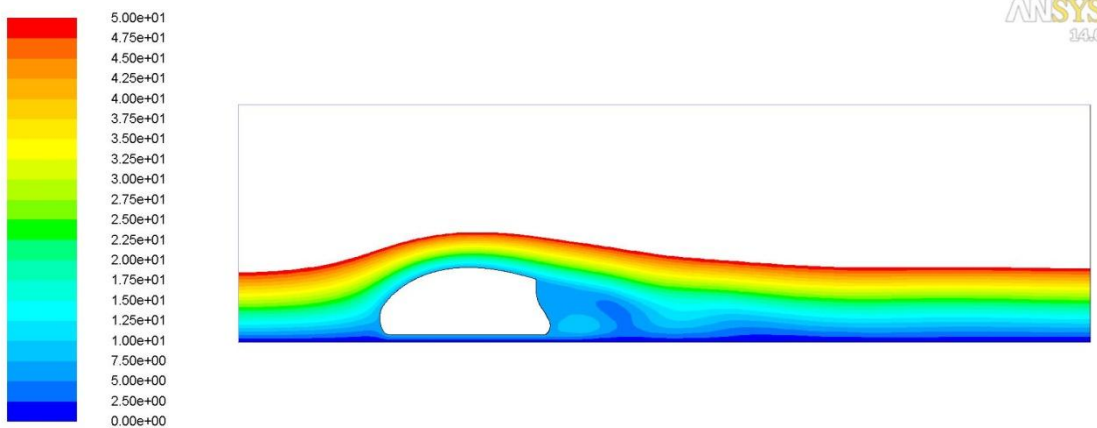


Ilustración 129 Líneas de corriente Geometría 4

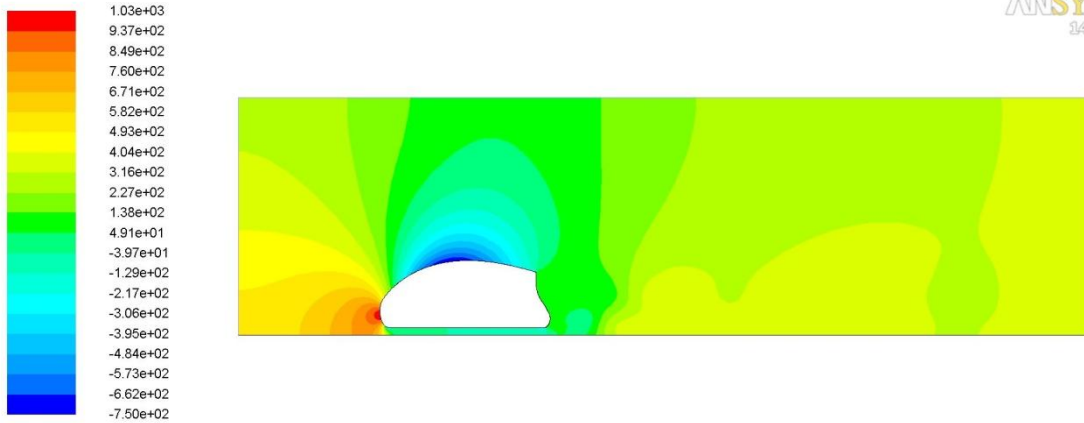


Ilustración 130 Distribución de presión Geometría 4

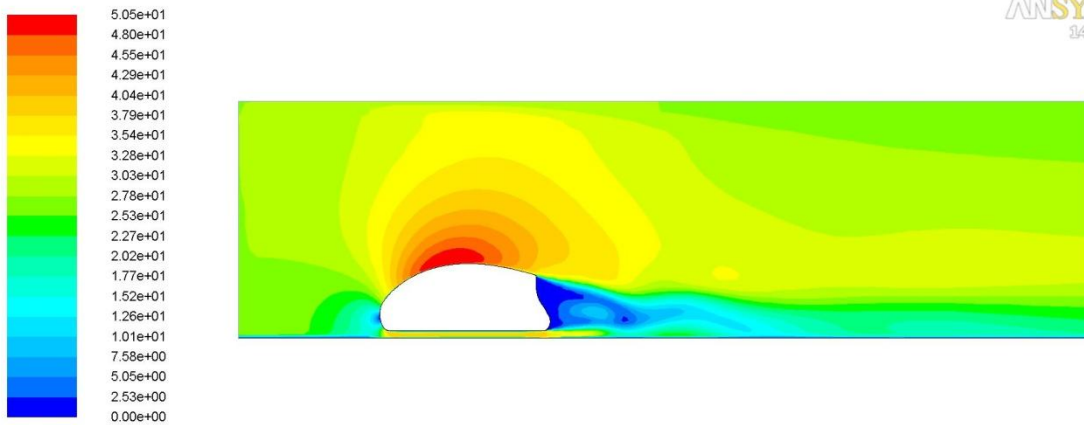


Ilustración 131 Velocidad Geometría 4

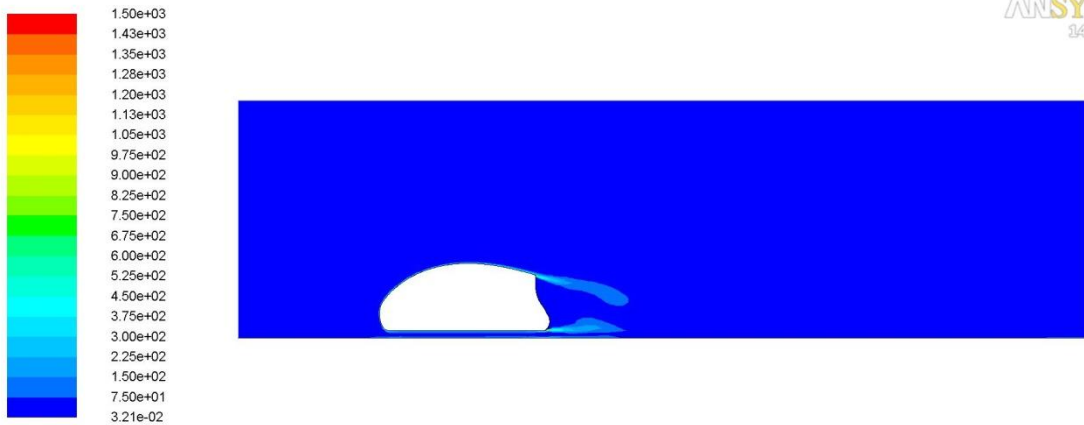


Ilustración 132 Vorticidad Geometría 4

VISTAS PIEZAS MOTOR:



Ilustración 133 Vista frontal cárter



Ilustración 134 Vista lateral cárter



Ilustración 135 Vista trasera cárter



Ilustración 136 Vista isométrica cárter



Ilustración 137 Vista lateral bobinas

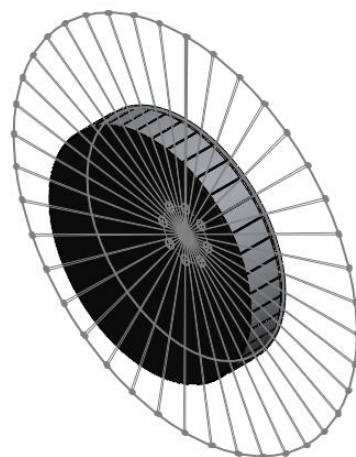


Ilustración 138 Vista isométrica bobinas

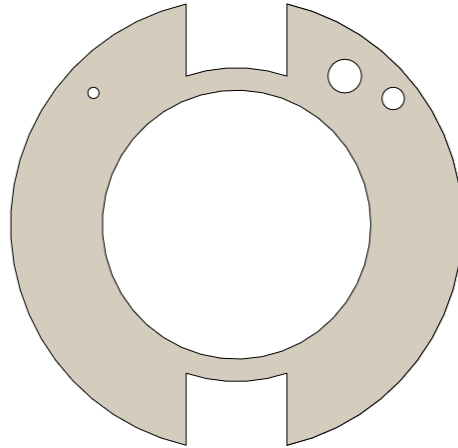


Ilustración 139 Vista frontal Estator



Ilustración 140 Vista isométrica estator

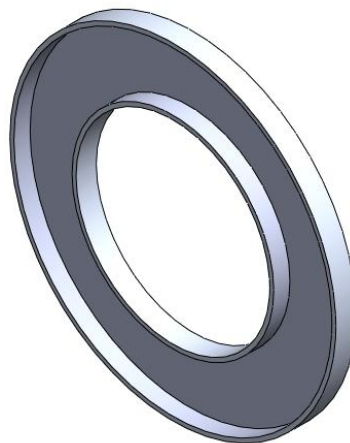


Ilustración 141 Vista isométrica tapa



autopista



MENA



autopista



Aviso de vehículo en el lateral. Evita los puntos muertos del restrovisor

Mediante el evolucionado sistema "Nissan Connect" se controlan todos los aspectos del vehículo. Eliminando el cuadro de mandos del salpicadero se consigue una conducción más segura, haciendo que el conductor dirija siempre la mirada a la carretera. Una vez puesto en marcha el coche, se proyecta en el parabrisas toda la información, que es controlada desde los mandos del volante.



Botones de selección

Botones de navegación



Diseño interior simple y económico. Fabricado a base de polipropileno reciclado.

Pantalla táctil de 10"

Selección de modo de conducción

Asientos sobreelevados para ofrecer una mejor visión.



Apertura de puertas tipo concha.

Múltiples puntos de ajuste que crean un coche confortable para todos.



Capacidad de carga adaptada para el uso diario en la ciudad.



Uso de percentiles 5 femenino y 95 masculino para el diseño.



autopista

El Nissan Mena se ha concebido para combinar la eficacia, la sostenibilidad y el diseño útil.

En este vehículo eléctrico de nueva generación se ha perfeccionado el perfil hasta conseguir un C_x mínimo, reduciendo así la fuerza resistente al avance, en más de un 30% respecto al Nissan Leaf.



*Líneas de corriente

Los motores eléctricos integrados en las ruedas, permiten eliminar curva entre el capó y el parabrisas. Optimizando de forma sustancial la aerodinámica.

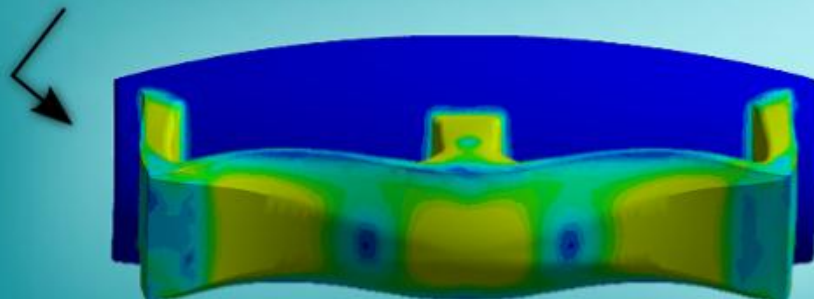
El resto del perfil se ha diseñado para obtener un vehículo ágil y adaptado al uso diario en la ciudad.



Punto de mayor presión

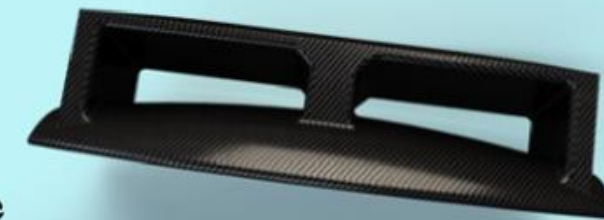
La toma de refrigeración delantera se ha diseñado realizando un estudio de presiones.

Análisis de deformaciones en un accidente frontal



La estructura antichoque absorbe toda la deformación, protegiendo el interior del coche.

Matriz epoxi sobre refuerzo de aluminio, mediante impresión 3D.



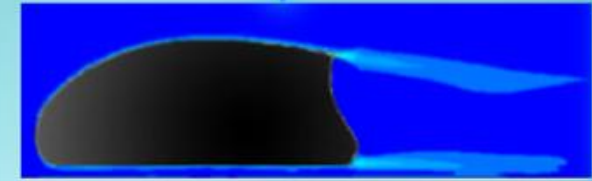
Laminado exterior de Carbono/Poliéster

Para compensar la reducción de la parte delantera, se ha desarrollado un sistema de absorción a base de materiales compuestos y con una configuración interior tipo "panel de abeja".

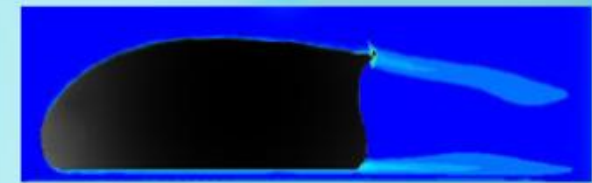
$C_x = 0.28$



$C_x = 0.24$



$C_x = 0.22$



$C_x = 0.19$



*Vorticidad

*** El estudio aerodinámico se ha llevado a cabo con el software ANSYS Fluent 14.0. La simulación está realizada para un flujo estacionario, incompresible, a 100km/h y utilizando un Modelo de turbulencia k-E de dos ecuaciones.



autopista



Nissan Mena L.

Nissan Mena.



Baterías AESC de 60 módulos,
12 más que en el modelo Leaf.
Proporcionando una capacidad de
30 kWh.

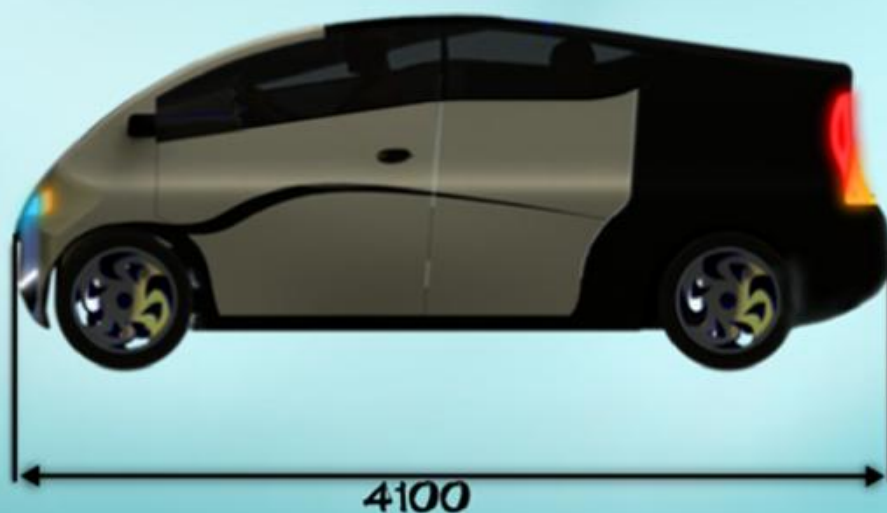
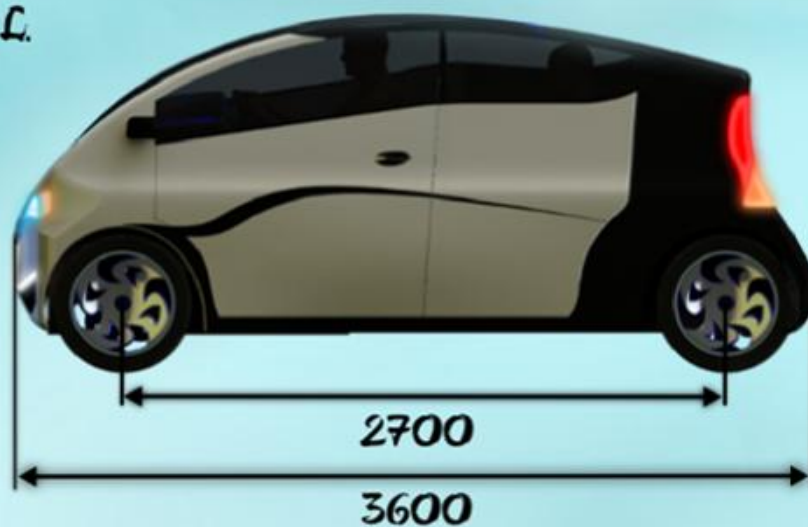
Los 50 kg de peso extra,
se compensan holgadamente
con la reducción del Cx
y el chasis.



Sistema de frenado regenerativo.
Llantas de 17".



Motores eléctricos
integrados en las ruedas.



El Nissan Mena es un coche Eléctrico de Nueva generación, desarrollado a partir del exitoso Leaf. Este utilitario, desarrollado especialmente para la ciudad, lleva el diseño modular al siguiente nivel. Con los motores integrados en las ruedas, el cliente podrá elegir entre tracción delantera y trasera. Además, se podrá elegir entre una carrocería tipo berlina cuando se requiera mayor capacidad de carga. Este segundo acabado varía únicamente en la parte trasera del vehículo, siendo el resto de componentes los mismos en ambas versiones. El objetivo es ofrecer un amplio abanico de configuraciones, con unos costes de montaje minimizados.