



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Escuela de Ingenierías Industriales
Departamento: Expresión gráfica, diseño y proyectos
Área de Conocimiento: Expresión gráfica en la ingeniería

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO Y REDISEÑO DEL MODELO AUTOMOVILÍSTICO
LANCIA STRATOS**

Grado: Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

Autor: Francisco Froján García

Tutor: Noelia Marzal Peña

Málaga, Junio de 2025

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado se centra en el rediseño conceptual del Lancia Stratos, un icono del automovilismo de los años 70, con el objetivo de reinterpretarlo desde una perspectiva contemporánea. El proyecto abarca el desarrollo de una carrocería completamente nueva, optimizada tanto a nivel estético como funcional, respetando la identidad visual original del modelo pero adaptándola a las exigencias actuales del mercado, las normativas vigentes y las posibilidades reales de producción. Para ello, se ha seguido una metodología rigurosa basada en el análisis histórico del modelo, el estudio de tendencias del diseño automotriz actual y la definición de un público objetivo coherente con la estrategia de reposicionamiento del vehículo.

La propuesta ha integrado consideraciones estructurales y de materiales, comparando opciones como el acero, los polímeros reforzados con fibra de vidrio y carbono, y el aluminio, siendo este último seleccionado como la opción óptima por su equilibrio entre resistencia, peso, reciclabilidad y viabilidad en producción en serie. Asimismo, se ha empleado software de modelado orgánico para el modelado tridimensional de la nueva carrocería y su validación mediante simulaciones aerodinámicas CFD.

El trabajo también ha contemplado aspectos clave de la ingeniería de producto, como la validación normativa del diseño, el estudio de viabilidad técnica e industrial del proceso de fabricación, y una comparativa con modelos de características similares del mercado actual. Igualmente, se ha realizado un estudio ergonómico exterior conforme a los estándares internacionales, garantizando una accesibilidad y usabilidad adecuadas sin comprometer la estética del diseño.

Palabras clave: diseño automotriz, diseño de carrocería, Lancia Stratos, modelado 3D, simulación CFD, proporción áurea.

Abstract

This Final Degree Project focuses on the conceptual redesign of the Lancia Stratos, an icon of 1970s motorsport, with the aim of reinterpreting it from a contemporary perspective. The project involves the development of a completely new bodywork, optimized both aesthetically and functionally, while respecting the original visual identity of the model and adapting it to current market demands, regulatory requirements, and real production possibilities. To this end, a rigorous methodology has been followed, based on a historical analysis of the vehicle, the study of current automotive design trends, and the definition of a target audience aligned with the vehicle's repositioning strategy.

The proposal integrates structural and material considerations, comparing alternatives such as steel, glass- and carbon-fiber-reinforced polymers, and aluminum—ultimately selecting the latter as the optimal choice due to its balance between strength, weight, recyclability, and feasibility for mass production. Organic modeling software has been used for the 3D development of the new bodywork, followed by validation through aerodynamic CFD simulations.

The project also addresses key aspects of product engineering, including regulatory validation of the design, technical and industrial feasibility analysis of the manufacturing process, and a benchmark comparison with similar models currently on the market. Additionally, an exterior ergonomic study has been conducted in accordance with international standards, ensuring appropriate accessibility and usability without compromising the design.

Keywords: Automotive design, bodywork design, Lancia Stratos, 3D modeling, CFD simulation, golden ratio



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESTUDIO Y REDISEÑO DEL MODELO AUTOMOVILÍSTICO LANCIA STRATOS

LANCIA

Índice

Autor: Francisco Froján García

Tutor: Noelia Marzal Peña

Índice General

1. Objeto	10
2. Alcance	10
3. Antecedentes	11
4. Normativas y softwares empleados	12
4.1 Normas legales	12
4.2 Programas empleados	15
5. Lancia y la arquitectura de producto.	17
5.1 Arquitectura de producto	20
6. Estudio de Mercado	25
6.1 Estudio de la competencia	25
6.2 Benchmark tecnológico	28
6.3 Necesidades de mercado y tendencias de diseño.	32
6.4 Público objetivo, posicionamiento y estrategia de marca.	35
7. Estudio Aerodinámico	37
7.1 Principios aerodinámicos aplicados al diseño.	37
7.2 Estrategias aerodinámicas modernas.	43
7.3 Análisis aerodinámico del modelo original	46
7.4 Proporción Áurea	54
8. Diseño Conceptual	58
8.1 Requisitos y decisiones de diseño	58
8.2 Diseño conceptual	59
8.3 Diseño final seleccionado	65
9. Modelado de la carrocería	68
9.1 Flujo de trabajo y etapas del modelado 3D	68
9.2 Validación formal del modelo mediante proporciones áureas	76
10. Viabilidad Técnica y Económica	79
10.1 Análisis de costes	79
10.2 Estudio Ergonómico	84
10.3 Análisis CFD de la nueva carrocería	85
11. Visión final del rediseño	90
12. Conclusiones	95
Anexos	96
Anexo 1: Estructura modelo original	97
Anexo 2: Estudio de materiales	100
Anexo 3: Proceso desarrollo de un vehículo	109
Anexo 4: Estudio motorización	1
Bibliografía	1

Índice Ilustraciones

Ilustración 1. Fotografía del Lancia Stratos versión Rally.	11
Ilustración 2. Nuevo Lancia Ypsilon del año 2024.	17
Ilustración 3. Interior del nuevo Lancia Ypsilon del año 2024.	18
Ilustración 4. Lancia Pu+Ra HPE, diseño exterior.	19
Ilustración 5. Lancia Pu+Ra HPE, diseño interior.	19
Ilustración 6. Motor central.	21
Ilustración 7. Motor trasero.	21
Ilustración 8. Motor delantero.	22
Ilustración 9. Elementos del Lancia Stratos.	24
Ilustración 10. Nuevo Alpine A110, año 2021.	26
Ilustración 11. Porsche 718 Cayman S, año 2022.	27
Ilustración 12. Toyota GR Supra, año 2023.	27
Ilustración 13. Alfa Romeo 4C.	29
Ilustración 14. Lotus Elise Sport.	30
Ilustración 15. New Lancia Stratos.	31
Ilustración 16. Beneficios integración IA en los coches según diversos países .	32
Ilustración 17. Polestar 4, año 2023.	33
Ilustración 18. Nuevo BMW serie 5, año 2025.	33
Ilustración 19. Mercedes EQXX, año 2022.	34
Ilustración 20. Ejemplo juego iluminación OLED, modelo Audi A5.	34
Ilustración 21. Prototipo de carrocería en análisis CFD.	37
Ilustración 22. Influencia diseño alerón en un F1.	39
Ilustración 23. Influencia del difusor en la aerodinámica.	40
Ilustración 24. Influencia diseño carrocería en la aerodinámica.	41
Ilustración 25. Estudio influencia aerodinámica sobre eficiencia combustible.	42
Ilustración 26. Túneles de viento.	43
Ilustración 27. Alerón activo influencia del ángulo de ataque.	44
Ilustración 28. Aplicación de los Gurney Flaps en la F1.	44
Ilustración 29. Sistema Unidades CFD.	46
Ilustración 30. Tipo de análisis creado para el CFD.	47
Ilustración 31. Selección del tipo de fluido para el CFD.	47
Ilustración 32. Selección parámetros de entorno del CFD.	48
Ilustración 33. Dominio computacional del CFD.	48
Ilustración 34. Nivel de mallado del CFD.	49
Ilustración 35. Ecuación de drag.	50

Ilustración 36. Resultado CFD modelo original 1.	51
Ilustración 37. Resultado CFD modelo original 2.	52
Ilustración 38. Resultado CFD modelo original 3.	52
Ilustración 39. Resultado CFD modelo original 4.	53
Ilustración 40. Resultado CFD modelo original 5.	53
Ilustración 41. Aplicación de proporción áurea en el Ferrari 488.	55
Ilustración 42. Aplicación de proporción áurea en el Nissan Z.	55
Ilustración 43. Boceto 1 vista perfil.	59
Ilustración 44. Boceto 1 vista frontal.	59
Ilustración 45. Boceto 2.	60
Ilustración 46. Boceto 3.	61
Ilustración 47. Boceto 4.	62
Ilustración 48. Boceto 5.	62
Ilustración 49. Boceto 6.	63
Ilustración 50. Boceto 7.	63
Ilustración 51. Boceto 8, vista trasera.	64
Ilustración 52. Boceto 8, vista frontal.	65
Ilustración 53. Diseño final del Stratos, vista perfil.	65
Ilustración 54. Colocación de los planos de referencia.	68
Ilustración 55. Plano referencia modelado de la llanta.	69
Ilustración 56. Proceso de modelado de la llanta.	69
Ilustración 57. Modelo 3D final de la llanta.	69
Ilustración 58. Proceso de modelado 3D del neumático 1.	70
Ilustración 59. Proceso de modelado 3D del neumático 2.	70
Ilustración 60. Modelo 3D final del neumático.	70
Ilustración 61. Proceso de modelado 3D de la carrocería 1.	71
Ilustración 62. Proceso de modelado 3D de la carrocería 2.	71
Ilustración 63. Proceso de modelado 3D de la carrocería 3.	72
Ilustración 64. Proceso de modelado 3D de la carrocería 4.	72
Ilustración 65. Proceso de modelado 3D de la carrocería 5.	73
Ilustración 66. Proceso de modelado 3D de la carrocería 6.	73
Ilustración 67. Proceso de modelado 3D de la carrocería 7.	73
Ilustración 68. Proceso de modelado 3D de la carrocería 8.	74
Ilustración 69. Proceso de modelado 3D de la carrocería 9.	74
Ilustración 70. Comparación carrocería diseñada con modelo original.	74
Ilustración 71. Comprobación de irregularidades.	75
Ilustración 72. Modelado faros delanteros.	75
Ilustración 73. Modelado parte trasera y faros traseros.	75
Ilustración 74. Validación distancia de ejes y altura.	76

Ilustración 75. Proporción áurea perfil 1.	76
Ilustración 76. Proporción áurea frontal.	77
Ilustración 77. Proporción áurea trasera.	77
Ilustración 78. Proporción áurea perfil 2.	77
Ilustración 79. Conversión de malla a sólido 1.	86
Ilustración 80. Conversión de malla a sólido 2.	86
Ilustración 81. Sólido listo para simulación CFD.	86
Ilustración 82. Resultado CFD nueva carrocería 1.	87
Ilustración 83. Resultado CFD nueva carrocería 2.	87
Ilustración 84. Resultado CFD nueva carrocería 3.	88
Ilustración 85. Nuevo Lancia Stratos, vista trasera 1.	90
Ilustración 86. Nuevo Lancia Stratos, vista frontal 1.	90
Ilustración 87. Nuevo Lancia Stratos, render en garaje 1.	91
Ilustración 88. Nuevo Lancia Stratos, render en garaje 2.	91
Ilustración 89. Nuevo Lancia Stratos, vista trasera 2.	91
Ilustración 90. Nuevo Lancia Stratos, vista frontal 2.	92
Ilustración 91. Nuevo Lancia Stratos, vista perfil 1.	92
Ilustración 92. Nuevo Lancia Stratos, vista perfil 2.	92
Ilustración 93. Nuevo Lancia Stratos en la carretera.	93
Ilustración 94. Faros delanteros 1 Nuevo Stratos.	93
Ilustración 95. Faros delanteros Nuevo Stratos.	93
Ilustración 96. Nuevo Lancia Stratos, vista trasera 3.	94
Ilustración 97. Faros traseros Nuevo Stratos.	94
Ilustración 98. Chasis tubular del Lancia Stratos.	97
Ilustración 99. Forma de fractura de la carrocería del modelo original.	98
Ilustración 100. Componentes mecánicos del Lancia Stratos.	98
Ilustración 101. Formación de la fibra de vidrio.	99
Ilustración 102. Vidrio laminado de seguridad.	107
Ilustración 103. Comportamiento de una ventanilla frente a colisión.	108

Índice Tablas

Tabla 1. Características Alfa Romeo 4C.	29
Tabla 2. Características Lotus Elise Sport.	30
Tabla 3. Características New Lancia Stratos.	31
Tabla 4. Matriz Pugh.	66
Tabla 5. Características generales de la nueva carrocería.	79
Tabla 6. Costes de desarrollo.	80
Tabla 7. Costes componentes mecánicos.	81
Tabla 8. Costes de fabricación y producción.	82
Tabla 9. Costes extras del vehículo.	82
Tabla 10. Costes desarrollo completo.	83
Tabla 11. Comparación aerodinámica de las carrocerías.	89
Tabla 12. Características del aluminio.	101
Tabla 13. Aleaciones del aluminio.	102
Tabla 14. Características de la fibra de carbono.	103
Tabla 15. Características de los termoplásticos.	104
Tabla 16. Ventajas y desventajas de los termoplásticos.	105

1. Objeto

El siguiente trabajo de fin de grado de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto está orientado a realizar un estudio sobre el rediseño del exterior del famoso coche Lancia Stratos, con el principal objetivo de modernizar y actualizar el vehículo manteniendo su identidad original tanto en la estética como en lo emocional. El proceso, llamado 'restomod', conlleva actualizar un coche clásico con la integración de tecnología y componentes modernos.

2. Alcance

El proyecto se centra en la carrocería exterior del vehículo. Se ha llevado a cabo un proceso de diseño integral, desde estudios de marca, mercado y normativas vigentes, hasta el desarrollo de propuestas gráficas y modelado tridimensional de la forma final, ofreciendo una propuesta realista dentro del marco académico del diseño industrial.

Además, se han realizado validaciones técnicas a nivel conceptual, tales como simulaciones aerodinámicas (CFD) en las que se han obtenido los coeficientes de arrastre del modelo original y el nuevo, 0,42 y 0,26 respectivamente, estudio de los materiales, como el aluminio y la fibra de carbono, y el estudio de la viabilidad técnica y económica.

3. Antecedentes

El Lancia Stratos [Ilustración 1] es uno de los modelos más icónicos de la historia del automovilismo, especialmente en el ámbito de los rallyes. El Lancia Stratos fue presentado en la década de 1970, su diseño rompió con los estándares tradicionales, incorporando una carrocería compacta y aerodinámica, junto con un motor central V6 de origen Ferrari que le proporcionaba un rendimiento sobresaliente en competición. Autosport, uno de los medios de motor más respetados, recoge que el Stratos “ganó 18 rallies del WRC, logró 29 podios, acumula 480 victorias de etapa y consiguió tres títulos mundiales (1974-76), consolidando a Lancia firmemente en el mapa del motorsport”.



Ilustración 1. Fotografía del Lancia Stratos versión Rally.

A lo largo de los años, han surgido diversos intentos de reinterpretar este modelo bajo un enfoque moderno. El New Stratos, fue una versión actualizada desarrollada en 2010 sobre la base de un Ferrari F430 Scuderia. A pesar de su atractivo diseño y mejoras mecánicas, este proyecto no llegó a la producción en serie debido a restricciones comerciales y la falta de apoyo de fabricantes de gran escala.

Actualmente, el sector del automóvil atraviesa una transformación profunda impulsada por tres grandes fuerzas: la electrificación, la digitalización y las exigencias de sostenibilidad. Según The Times (2024), esta evolución responde a los objetivos del Acuerdo de París, siendo los vehículos eléctricos clave para reducir las emisiones; de hecho, se vendieron más de 10 millones de vehículos eléctricos en 2022 y se espera que representen el 30 % del mercado para 2030, como afirma la International Energy Agency (2023).

4. Normativas y softwares empleados

4.1 Normas legales

En el diseño exterior de la carrocería de un automóvil es esencial cumplir normativas internacionales. Aunque los prototipos no necesitan superar pruebas de colisión como los modelos de producción, deben ofrecer cierta protección. El vehículo de este proyecto incluye zonas de absorción en los laterales, frontal y trasera.

También se ha considerado la visibilidad, como el parabrisas y las ventanillas, que deben asegurar buena visión para mejorar la ergonomía y la seguridad a altas velocidades. Respecto a la iluminación, los faros deben garantizar visibilidad en todo momento, lo cual mejora la seguridad y contribuye a la estética y reconocimiento del vehículo.

Finalmente, se mencionan las normativas aplicadas al diseño exterior de la nueva carrocería diseñada.

Normativas de seguridad:

- Reglamento (UE) 2018/858 sobre la homologación de vehículos: cumplimiento de los estándares de seguridad, medioambiente y emisiones. Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre la homologación y la vigilancia del mercado de los vehículos de motor y sus remolques y de los sistemas, los componentes y las unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, por el que se modifican los Reglamentos (CE) no 715/2007 y (CE) no 595/2009 y por el que se deroga la Directiva 2007/46/CE.
- Directiva 2003/102/CE sobre la protección de los peatones: medidas preventivas para la protección de los peatones en caso de colisión. Elementos destacables dentro de esta normativa son los bordes de los parachoques, las esquinas del vehículo y las superficies del capó deben ser redondeadas o diseñadas de tal forma que el daño se reduzca lo máximo posible. Directiva - 2003/102 - EN - EUR-Lex.
- Reglamento no 29 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) - Prescripciones uniformes sobre la homologación de vehículos en lo relativo a la protección de los ocupantes de la cabina de un vehículo comercial [2019/1850]. La carrocería del vehículo debe ser capaz de absorber la

energía provocada por los choques y de esta forma proteger al conductor y a los pasajeros en todo momento.

- Reglamento UNECE R95 sobre la seguridad en caso de impacto lateral: normativa que regula las características estructurales básicas para proteger a todos los ocupantes del vehículo en caso de un impacto lateral. Reglamento vital en el diseño de la carrocería. Reglamento no 95 de las Naciones Unidas - Prescripciones uniformes sobre la homologación de los vehículos en lo relativo a la protección de sus ocupantes en caso de colisión lateral [2021/1861].
- Reglamento UNECE R93 sobre la seguridad en caso de vuelco: los vehículos han de ser diseñados para minimizar el riesgo de vuelco. Reglamento no 93 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) - Prescripciones uniformes relativas a la homologación de: I. Los dispositivos de protección delantera contra el empotramiento - II. Vehículos en lo que concierne al montaje de un dispositivo de protección delantera contra el empotramiento de un tipo homologado - III. Vehículos en lo que concierne a su protección delantera contra el empotramiento.
- Reglamento (CE) N° 661/2009: tiene como finalidad mejorar la seguridad de los vehículos y reducir el impacto ambiental mediante la introducción obligatoria de ciertos sistemas tecnológicos. Establece requisitos generales que todos los vehículos deben cumplir para poder ser homologados. Reglamento - 661/2009 - EN - EUR-LEX.

Normativas sobre visibilidad:

- Normativa ISO 3857 sobre las características del parabrisas: requisitos que los parabrisas deben cumplir en cuanto a materiales, dimensiones y seguridad; garantizando que el vidrio empleado sea resistente y adecuado para el uso de altas velocidades y para los casos de impacto. ISO 3857-1:1977 Compressors, pneumatic tools and machines — Vo.
- Reglamento UNECE R12 sobre los sistemas de espejos retrovisores: homologación sobre los espejos retrovisores exteriores y su disposición, garantizando así una visibilidad correcta durante la conducción, aspecto vital para la seguridad vial. Reglamento no 12 de las Naciones Unidas. Prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos en lo que concierne a la protección del conductor contra el mecanismo de dirección en caso de colisión.
- Reglamento UNECE R46 sobre la visibilidad en retrovisión: normativa que regula las características y posición de los espejos retrovisores. En el diseño de la carrocería exterior resulta crucial este aspecto ya que influye en la disposición de los espejos y la visibilidad que ofrecen del entorno. Reglamento no 46 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas: Prescripciones uniformes sobre la homologación de los dispositivos de visión

indirecta y los vehículos de motor en lo referente a la instalación de dichos dispositivos.

- Reglamento UNECE R24 sobre la visibilidad del conductor: reglamento que establece la disposición de las ventanas y áreas de visibilidad del conductor. Reglamento no 24 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Prescripciones uniformes relativas a: I. La homologación de motores de encendido por compresión en lo que se refiere a la emisión de contaminantes visibles - II. La homologación de vehículos de motor con respecto a la instalación de motores de encendido por compresión de un tipo homologado - III. La homologación de vehículos de motor equipados con motores de encendido por compresión en lo que se refiere a la emisión de contaminantes visibles por el motor - IV. La medición de la potencia de los motores de encendido por compresión.

Normativas sobre la carrocería:

- Reglamento UNECE R97 sobre los vehículos de competición: reglamento más orientado a los automóviles de carreras, pero proporciona una base sobre el diseño de los deportivos. Esta normativa trata sobre los aspectos aerodinámicos y de la seguridad estructural aplicables a prototipos deportivos. Reglamento no 97 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) - Prescripciones uniformes relativas a la homologación de los sistemas de alarma para vehículos y de los vehículos de motor por lo que respecta a sus sistemas de alarma.
- Reglamento UNECE R126 sobre el diseño de las puertas y paneles: regula que las puertas y paneles sean seguros, funcionales y accesibles. Reglamento no 126 de las Naciones Unidas — Prescripciones uniformes sobre la homologación de los sistemas de separación destinados a proteger a los pasajeros contra el desplazamiento del equipaje y suministrados como equipo no original del vehículo [2020/176].
- UNECE R11 requisitos técnicos para puertas de vehículos: se establece que las manillas deben poder ser accionadas fácilmente con una sola mano, así como establece alturas mínimas y máximas para la ubicación de manillas. Regulation No 11 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to door latches and door retention components [2019/1354].
- ISO 10399 evaluación de la accesibilidad y el confort: establece dimensiones recomendadas para el diseño del vano de puerta y accesibilidad, que deben respetarse para asegurar un acceso cómodo, especialmente si se cambia la inclinación del parabrisas o la altura general del coche. UNE-EN ISO 10399:2018 (Ratificada) Análisis sensorial. Metodol.

Normativas sobre luminaria:

- Reglamento UNECE R98 sobre las luces de vehículos: mediante esta norma, las luces externas del vehículo quedan reguladas, cubriendo desde los faros delanteros hasta las luces trasera y de freno. Reglamento no 98 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas - Prescripciones uniformes relativas a la homologación de faros de vehículos a motor equipados con fuentes luminosas de descarga de gas.
- Normativa UNECE R48 sobre la instalación de luces y visibilidad: condiciones que los sistemas de iluminación deben cumplir como la orientación y alcance de los faros. Reglamento (UE) 2016/1723 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de octubre de 2016, por el que se regulan la instalación de dispositivos de alumbrado y señalización luminosa en vehículos.

Normativas de aspecto general:

- Reglamento (CE) N° 443/2009 el Parlamento Europeo y del Consejo establece normas para fijar los objetivos de emisiones de CO₂ de los turismos nuevos vendidos en la Unión Europea. Reglamento (CE) no 443/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como parte del enfoque integrado de la Comunidad para reducir las emisiones de CO₂ de los vehículos ligeros.

A pesar de que no se van a realizar pruebas de homologación, las normativas mencionadas se han ajustado al nuevo rediseño asegurando que mantenga la estabilidad y un rendimiento básico adecuado, sin necesidad de pruebas físicas exhaustivas. La seguridad, la estética, las proporciones básicas, las simulaciones de CFD y la visibilidad entre otros aspectos se han cuidado desde el primer momento, convirtiendo el nuevo modelo en un vehículo altamente funcional y capacitado para su puesta en carretera, manteniendo la esencia del original y adaptándose a los avances actuales en el diseño automotriz.

4.2 Programas empleados

Durante el desarrollo del Trabajo de Fin de Grado se han utilizado diversos programas que han permitido llevar a cabo las diferentes fases del proyecto, desde el diseño conceptual hasta la validación técnica y económica. A continuación, se describen brevemente las herramientas empleadas y su función en el proyecto:

Blender 3.6.5

Utilizado para el modelado 3D inicial de la carrocería. Su capacidad de esculpido y modelado poligonal permitió definir volúmenes y proporciones del diseño de forma ágil durante las primeras fases creativas.

FreeCAD 1.0

Empleado para convertir la geometría en malla generada en Blender a un sólido, necesario para poder realizar análisis en entornos CAD/CAE compatibles con simulaciones físicas, como SolidWorks.

SolidWorks 2024

Utilizado para realizar el análisis CFD (Computational Fluid Dynamics) sobre la nueva carrocería. Se simuló el comportamiento aerodinámico con una velocidad de 30 m/s, considerando cristales, ventanillas y parabrisas, obteniendo un coeficiente de arrastre de 0,26.

Google Sheets (Excel)

Herramienta clave para la elaboración de tablas comparativas, cálculo de costes y análisis de viabilidad económica del proyecto. También se utilizó para organizar y sistematizar información técnica y resultados.

5. Lancia y la arquitectura de producto.

Lancia fue originalmente una marca italiana independiente, fundada en 1906. A lo largo del tiempo, pasó a formar parte del grupo Fiat, concretamente en 1969, cuando Fiat adquirió el control mayoritario de Lancia, integrándose en su portafolio.

Desde su apogeo en las décadas de 1970 y 1980 la marca sufrió un declive constante. Las ventas cayeron de más de 300 000 unidades en 1990 a menos de 100 000 en 2010, quedando limitada solo al modelo Ypsilon en Italia. Tras la fusión de FCA y PSA en 2021, Lancia pasó a formar parte del grupo Stellantis, lo que marcó un punto de inflexión. En 2022, Stellantis lanzó el plan “Renaissance”: tres nuevos modelos eléctricos—Ypsilon 2024, Gamma 2026, Delta 2028—y una ambiciosa expansión a 70 concesionarios europeos y ventas online al 50 %.

Lancia Ypsilon

El Ypsilon cuenta con un diseño completamente renovado, como se observa en la Ilustración 2, caracterizado por una eficiencia energética y conectividad considerablemente avanzadas. Este nuevo utilitario, equipado con una motorización eléctrica híbrida ligera de 12 V que combina un motor de gasolina de 1.0 litros con un sistema eléctrico de apoyo, mide aproximadamente unos 4 metros de longitud y competirá contra rivales europeos como el Fiat 600e y el Peugeot e-208. Su diseño combina líneas fluidas y unas proporciones compactas, ideales para el ambiente urbano.



Ilustración 2. Nuevo Lancia Ypsilon del año 2024.

En su interior [Ilustración 3], la marca apuesta por la funcionalidad y la comodidad del usuario, integrando materiales de alta calidad. Aunque posee un tamaño compacto, este nuevo Ypsilon consigue posicionarse como un coche premium con un coste relativamente bajo, unos 26.600 €.



Ilustración 3. Interior del nuevo Lancia Ypsilon del año 2024.

En cuanto a la tecnología que incorpora, el Ypsilon cuenta con un sistema de conectividad de última generación siendo compatible con Apple CarPlay y Android Auto, lo que hace al coche más atractivo para los usuarios más jóvenes.

Lancia Buque insignia: Lancia Gamma

Lancia, en su trayecto hacia el segmento premium del mercado, pretende lanzar próximamente un modelo sedán. Este nuevo sedán se aproxima que puede llegar a medir unos 4,6 metros de longitud y se prevé que sea un coche eléctrico de lujo que combine la tecnología avanzada y la estética refinada. Con todo esto Lancia la considerará como su modelo de referencia en cuanto a exclusividad y confort. Está prevista su presentación oficial para el año 2026, por lo que aún no existen imágenes sobre su diseño.

Lancia Delta

El Lancia Delta es un modelo que se espera con gran entusiasmo su regreso, ya que es reconocido como un coche histórico en el Campeonato Mundial de Rally (WRC). Este coche será reencarnado como un modelo eléctrico de alto rendimiento. El nuevo diseño se centrará en líneas más esculpidas y modernas, conservando la esencia agresiva del original. Ofrecerá alrededor de una autonomía de 700 kilómetros, basándose en la plataforma STLA Medium, y una carga ultrarrápida.

Esta nueva era de Lancia está caracterizada por una estrategia de diseño inspirado en la herencia majestuosa italiana y la simplicidad, combinando elementos icónicos con líneas futuristas y minimalistas; haciendo que su lenguaje visual se base en un concepto denominado como “Progressive Classic”.

Lancia Pu+Ra HPE Concept

Este reciente concepto lanzado por Lancia y llamado Pu+Ra HPE prevé ser el renacimiento de la marca y quien consiga definir su futura identidad. El modelo se caracteriza por tener un diseño donde se combinan las líneas limpias y geométricas [Ilustración 4 y 5], una aerodinámica optimizada al máximo y un interior minimalista. El Pu+Ra HPE es un prototipo que pretende dar la idea de un coche de alto rendimiento pero siendo en su totalidad eléctrico, y a su vez ser lujoso.



Ilustración 4. Lancia Pu+Ra HPE, diseño exterior.

El principal objetivo de Lancia es llegar a comercializar a nivel europeo con una estrategia con la que prevé establecer una red inicial de 70 concesionarios en países más atraídos por este tipo de modelos como España, Alemania y Francia. Lancia espera que la mitad de las ventas provengan a través del comercio online.



Ilustración 5. Lancia Pu+Ra HPE, diseño interior.

Con este modelo Lancia pretende que sirva como adelanto de las estrategias de diseño que va a seguir durante estos años. El modelo Pu+Ra HPE se podría entender como un esfuerzo por rejuvenecer la identidad de la propia marca, mezclando la nostalgia y la innovación.

En resumen, Lancia se está enfrentando actualmente a una tarea nada fácil, ya que recuperar su legado y adaptarse al nuevo mercado supone una transición que durará algunos años. Lancia tiene como propósito atraer a todos los clientes posibles, tanto aquellos que son más nostálgicos como las nuevas generaciones volcadas sobre la tecnología y la sostenibilidad.

5.1 Arquitectura de producto

A lo largo de la historia, los vehículos deportivos biplaza han mantenido una arquitectura centrada en el equilibrio entre rendimiento dinámico, aerodinámica y experiencia del conductor. Aunque su diseño ha evolucionado con los avances tecnológicos y normativos, sus principios fundamentales, como una distribución óptima de masas, un centro de gravedad bajo y una estructura rígida pero ligera, siguen siendo constantes. Este enfoque ha sido ampliamente documentado por ingenieros como William y Douglas Milliken, cuyas investigaciones en dinámica vehicular sentaron las bases del diseño contemporáneo de autos de alto rendimiento.

Actualmente, publicaciones como el Bosch Automotive Handbook y los cursos técnicos ofrecidos por SAE International explican cómo la arquitectura de estos vehículos se estructura en distintos subsistemas: chasis, tren motriz, habitáculo, aerodinámica activa, entre otros. Esta división permite analizar con detalle no solo las funciones mecánicas y estructurales, sino también el impacto de la digitalización y la electrificación en cada componente. A su vez, trabajos como los de John Stark en ingeniería de producto destacan la importancia del enfoque modular y del ciclo de vida del vehículo en el desarrollo de nuevas generaciones de deportivos.

Estructura y chasis

El chasis resulta ser la base de cualquier deportivo ya que define su peso, comportamiento dinámico y rigidez estructural. Este tipo de vehículos suelen estar equipados con monocascos de fibra de carbono o de aluminio, ya que este tipo de materiales proporcionan una excelente combinación entre ligereza y resistencia. Sin embargo, los modelos más antiguos equipan chasis tubulares de acero que ofrecen una elevada rigidez torsional.

A parte, los deportivos de este segmento suelen estar equipados con un subchasis delantero y trasero, capaces de aguantar de manera más eficiente la motorización y las suspensiones, mejorando el coche y equilibrando el peso.

Grupo Motriz

Existen tres únicas ubicaciones donde puede ubicarse la motorización de un vehículo deportivo.

A: Motor

B: Tracción

- Motor central [Ilustración 6]: de las posiciones más comunes en este tipo de sectores, más precisamente se encuentra ubicado detrás del habitáculo principal y delante del eje trasero. Esta localización del motor ayuda a que el peso del coche sea más óptimo y mejore así la estabilidad del mismo en curvas.

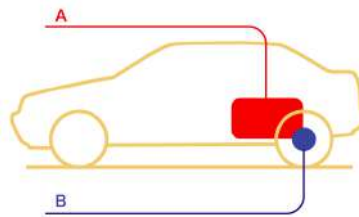


Ilustración 6. Motor central.

- Motor trasero [Ilustración 7]: menos común que el central en el sector del deportivo biplaza, marcas como Porsche en su modelo 911 utilizan este tipo de motores ya que otorgan una tracción y aceleración eficaces.

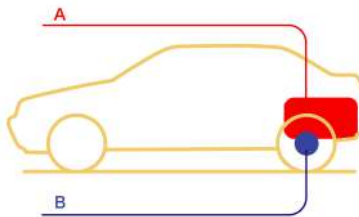


Ilustración 7. Motor trasero.

- Motor delantero [Ilustración 8]: posición más común de encontrar en deportivos clásicos y GT, pero menos frecuentes en deportivos biplaza.

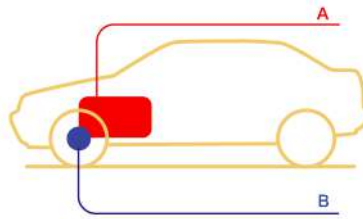


Ilustración 8. Motor delantero.

Suspensión y frenos

Componente primordial en este tipo de vehículos, la suspensión se diseña con el fin de otorgar al coche la mayor estabilidad posible en curvas y, además, una mejor conducción al usuario. Entre los sistemas más avanzados hasta la fecha, se pueden encontrar aquellos que incluyen doble brazo oscilante o suspensiones push-rod, más comunes en los vehículos destinados a la competición.

En cuanto a los frenos, fundamental que se busquen los mejores posibles para cada vehículo dependiendo de las especificaciones del mismo; los deportivos suelen equipar los llamados discos ventilados o los que son fabricados en carbono y cerámica, acompañadas con unas pinzas de alto rendimiento de unos 4, 6 o más pistones.

Aerodinámica y Carrocería

Entre los componentes que conforman esta parte del vehículo, se puede encontrar:

- Difusores y splitters: encargados de la canalización del flujo del aire para generar el efecto denominado downforce.
- Tomas de aire: posicionadas estratégicamente en las diferentes ubicaciones del coche, pueden ser de entrada o salida, y ayudan a refrigerar el motor y los frenos.
- Alerones fijos o activos: para mejorar la estabilidad del coche a elevada velocidad.

La carrocería suele estar fabricada con materiales de bajo peso como la fibra de carbono o aluminio, usados por las marcas buscan reducir al máximo el peso y mejorar considerablemente el rendimiento.

Interior y experiencia de usuario

El interior de un vehículo también hace que este llegue a ser más destacable o no. Entre los materiales usados para el interior, suelen estar la alcántara, el cuero e incluso la fibra

de carbono; buscando ofrecer comodidad, lujo y deportividad. Existen asientos tipo bucket que ofrecen mayor soporte y reducen el peso, sin embargo, el volante equipa diferentes elementos integrados inspirados en la competición.

Arquitectura del vehículo Lancia Stratos

En el caso del Lancia, equipa un chasis monocasco de acero. La suspensión y el motor se encuentran ubicados en un subchasis trasero tubular que ayuda a reforzar el chasis principal.

El Stratos equipa un motor Ferrari Dino V6 de 2.4 litros, dando lugar a una potencia que oscilaba entre los 190 y 280 CV, dependiendo de la preparación y versión que equipa el modelo. El motor es central-trasero, confiere así una distribución del peso más óptima. También cabe resaltar su caja de cambios manual de 5 velocidades, la cual ofrecía una respuesta rápida en los campeonatos.

La suspensión del Stratos, en sus cuatro ruedas, es autónoma, con un brazo oscilante de doble brazo, diseñada para absorber impactos y conservar la estabilidad en suelos irregulares. Los frenos de disco ventilados garantizan una frenada eficaz, fundamental en el ámbito deportivo.

El diseño en forma de cuña del Stratos, creación de Bertone, es una de sus características más destacadas. La carrocería se compone de paneles de fibra de vidrio, lo que disminuye el peso total del automóvil hasta los 980 kg. Elementos como las amplias entradas de aire laterales contribuyen a la refrigeración del motor, mientras que el alerón posterior y la configuración de la zaga mejoran la aerodinámica.

El habitáculo del Stratos es extremadamente funcional y minimalista, pensado para la competición. Cuenta con una disposición de mandos enfocada en el conductor, sin elementos innecesarios. Los asientos de competición ofrecen un soporte firme y el tablero incluye un cuentarrevoluciones prominente, fundamental para la conducción agresiva en rally.

En general, la arquitectura general del Stratos se puede apreciar en la Ilustración 9, donde se observa la distribución de los componentes mencionados. A su vez, los materiales que la componen y su estructura se encuentra detallada en el Anexo 1.

Vehículo:
Lancia Stratos HF
El 1000cc motor
desarrolla 140 CV
con una potencia
de 100 CV a 5000 RPM
y un consumo de 18 l/100 km
en ciclo urbano.
El motor es
alimentado por
inyección de gasolina.
El motor es
alimentado por
inyección de gasolina.

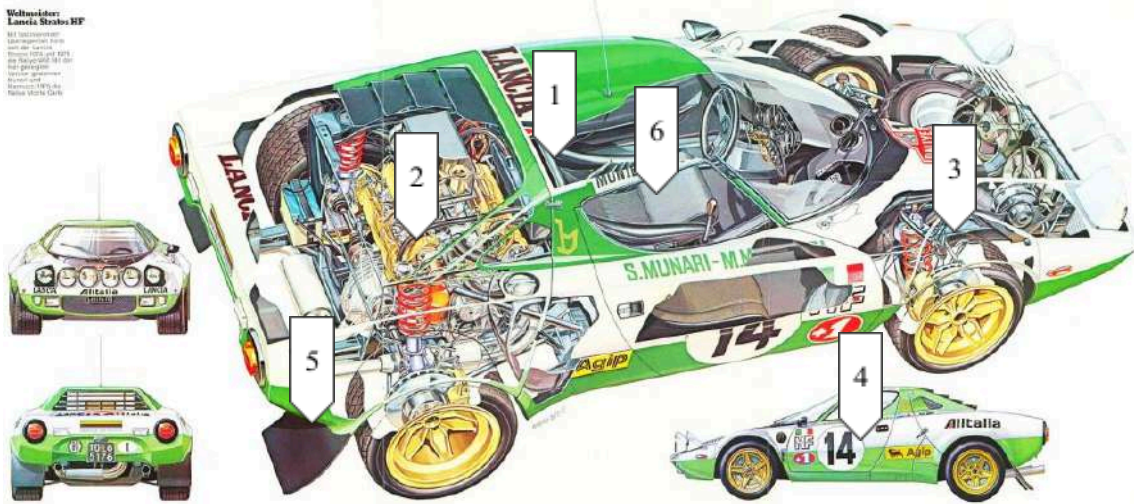


Ilustración 9. Elementos del Lancia Stratos.

Nombre de los elementos de la ilustración 9:

- 1- Chasis
- 2- Motor
- 3- sistema de suspensión
- 4- Carrocería
- 5- Difusores y salida escapes
- 6- Habitáculo del piloto

6. Estudio de Mercado

En este punto de la memoria se busca entender a la competencia que actualmente lidera el sector de los deportivos ligeros y compactos, como las necesidades de mercado que influyen las decisiones de diseño. Hoy en día, las marcas optan no sólo por diseño y rendimiento, también tratan de cumplir las expectativas de sostenibilidad y tecnología avanzada.

6.1 Estudio de la competencia

Durante estos últimos años, varios modelos han conseguido redefinir lo que se entendía por deportivo ligero, llevando la experiencia de conducción a un nivel superior, respondiendo en todo momento a las tendencias seguidas y las necesidades que rigen el mercado. A pesar de esto, esta nueva percepción no se centra únicamente en mejorar el rendimiento del coche en pista, es necesario también tener en cuenta la forma en la que este tipo de vehículos se integran al mercado que cada día está más orientado hacia la sostenibilidad, las nuevas tecnologías y el diseño emocional que conecta con los conductores a un nivel más personal.

A continuación, se hará hincapié en los deportivos ligeros actuales considerados competencia directa del nuevo rediseño del Lancia Stratos, ya que marcan lo que son los estándares en cuanto a diseño, rendimiento y tecnología, realizando sobre cada uno de ellos un análisis para estudiar los puntos fuertes y débiles, así como las limitaciones que puedan tener, todo ello para comprender qué les hace destacar tanto en un mercado tan competitivo.

Alpine a110

Su diseño está inspirado en su versión original de los años 60, pero tomando esta vez un enfoque completamente moderno. El nuevo concepto [Ilustración 10] cuenta con un equilibrio perfecto entre la herencia de la marca y las exigencias actuales de los consumidores, proporcionando un coche ligero y ágil que brilla tanto en rectas como en tramos de curvas, aspecto muy valorado entre los conductores más entusiastas.

El nuevo A110 está formado por una estructura de aluminio, perfecta para conseguir esa ligereza. Su peso es de 1.048 kg, considerado uno de los modelos más ligeros del sector, con un coeficiente de arrastre de 0,32; combinado con un motor turboalimentado de 1.8 litros que otorga una potencia de 252 CV. El sistema de suspensión de este modelo está diseñado para que los conductores puedan disfrutar de una conducción extremadamente dinámica.



Ilustración 10. Nuevo Alpine A110, año 2021.

Las ventajas de este modelo sobre el mercado son aspectos como la ligereza que proporciona gracias a la carrocería de aluminio, su diseño y estética ya que las líneas clásicas del modelo original siguen estando presentes en el nuevo diseño modernizado y actualizado.

Sin embargo, el Alpine A110 presenta un diseño tan compacto que el espacio del habitáculo del pasajero es muy reducido. Esto hace que el coche no llegue a ser tan cómodo como otros del mercado. Además, su coste de adquisición resulta elevado desde los 65.300 € hasta los 114.000 €, cuando se compara con modelos del mismo sector que ofrecen mejores prestaciones.

Porsche 718 Cayman

El Porsche 718 Cayman [Ilustración 11] es de los modelos más completos y equilibrados actualmente en la categoría de deportivos ligeros, revistas como Car and Driver, Top Gear o Autocar lo consideran "el deportivo ideal para puristas". Equipado con un motor central y un sistema de suspensión de alto rendimiento proporcionan una experiencia de conducción deportiva de alto nivel. En cuanto a su diseño, posee unas líneas agresivas pero, a su vez, elegantes, manteniendo en todo momento la tradicional estética de Porsche.

Su motorización base parte de un motor de 2.0 litros turboalimentado con 300 CV, hasta una motorización más potente de 350 CV, y un coeficiente de arrastre de 0,31. Otro aspecto a favor de este Porsche, es su interior de alta calidad, en el cual Porsche emplea materiales premium que elevan la sensación al usuario de exclusividad.



Ilustración 11. Porsche 718 Cayman S, año 2022.

El Porsche cuenta con algunas desventajas o limitaciones, como su precio de mercado, desde los 74.755€ hasta los 180.709€, hace que este modelo sea inaccesible para muchos compradores potenciales. Cabe destacar que aunque el interior es de muy alta calidad, este modelo cuenta con asientos traseros que resultan prácticamente inexistentes debido al espacio disponible que hay para los pasajeros, esto hace que este modelo no sea el mejor para el uso cotidiano.

Toyota GR Supra

El nuevo Toyota GR Supra [Ilustración 12] salió como la reencarnación del modelo original Toyota Supra, un lanzamiento muy esperado por los entusiastas de los JDM (Japanese Domestic Market). A pesar de su ansiosa llegada, el nuevo Toyota Supra ha sido criticado, como bien reporta el medio de comunicación TopGear, debido a que comparte plataforma con el modelo actual del BMW Z4, sin embargo su rendimiento y diseño moderno han conseguido salvar el legado del modelo original. El nuevo Supra contiene un motor turboalimentado de 3.0 litros que otorga una potencia de 335 CV, un coche muy estético que en ningún momento compromete la deportividad ni la comodidad. El coeficiente de arrastre de este modelo es de 0,33.



Ilustración 12. Toyota GR Supra, año 2023.

El Supra consigue una aceleración de 0 a 100 km/h en tan solo 4.3 segundos, una aceleración tan rápida que lo llega a situar en la misma liga que otros vehículos más preparados para la competición. Su precio oscila entre los 78.000€ y los 150.000€. El Supra cuenta con un diseño llamativo, donde la agresividad y la elegancia aparecen combinadas a la perfección.

Otros modelos que son considerados competidores para el nuevo concepto son por ejemplo modelos como el Lotus Emira, el Alfa Romeo 4C o el Honda NSX.

6.2 Benchmark tecnológico

Es de gran importancia comprender y evaluar las soluciones técnicas que aportan y aplican los competidores directos. A esta labor se la denomina "benchmark tecnológico", el cual consiste en un proceso sistemático de análisis comparativo de productos, componentes o tecnologías que sirven de referencia por su rendimiento, innovación o éxito funcional. A diferencia del estudio de mercado, que se enfoca en el análisis de las preferencias del consumidor, la segmentación de usuarios o las tendencias de consumo, el benchmark se centra exclusivamente en la dimensión técnica del producto, de qué materiales emplea, cuál es su nivel de producción y qué nivel de eficiencia y rendimiento alcanza.

Según el enfoque propuesto por el Instituto Fraunhofer de Alemania y adoptado por múltiples industrias de automoción, este tipo de análisis permite identificar estándares tecnológicos, prácticas eficientes o incluso áreas de mejora al estudiar productos de empresas competidoras o referentes. En este caso concreto, se plantea el uso del benchmark para evaluar el rediseño del Lancia Stratos a través de la comparación con vehículos deportivos actuales que comparten una filosofía de bajo peso, eficiencia aerodinámica, elevado rendimiento dinámico y diseño estructural optimizado.

Uno de los primeros referentes seleccionados es el Alfa Romeo 4C [Ilustración 13], un deportivo biplaza de motor central que se distingue por su estructura ligera y producción limitada. Este modelo se diseñó con el objetivo de ofrecer una experiencia de conducción purista, y para ello se recurrió a una estructura monocasco de fibra de carbono complementada con subestructuras de aluminio.



Ilustración 13. Alfa Romeo 4C.

Parámetro	Alfa Romeo 4C
Arquitectura	Biplaza, motor central trasero
Peso en vacío	895 kg
Coefficiente de arrastre (Cd)	0,34
Materiales	Monocasco de fibra de carbono, aluminio
Producción	Limitada, montaje semiartesanal
Fuente principal	Alfa Romeo Press Kit

Tabla 1. Características Alfa Romeo 4C.

Otro caso paradigmático es el Lotus Elise Sport 240 Final Edition [Ilustración 14], un modelo que representa la quintaesencia del automóvil ligero enfocado a la conducción. El uso de aluminio extruido para su chasis y composites para su carrocería, junto a una filosofía de diseño centrada en la simplicidad estructural, hacen del Elise una referencia indiscutible en el diseño de deportivos minimalistas. Su estructura modular y producción de bajo volumen lo acercan mucho al espíritu del proyecto Stratos rediseñado.



Ilustración 14. Lotus Elise Sport.

Parámetro	Lotus Elise Sport 240 Final Edition
Arquitectura	Biplaza, motor central
Peso en vacío	922 kg
Coefficiente de arrastre (Cd)	0,36
Materiales	Chasis de aluminio, carrocería de composite
Producción	Final Edition, bajo volumen
Fuente principal	Lotus Cars Official Specs

Tabla 2. Características Lotus Elise Sport.

Por último, se incluye como referente directo la versión contemporánea del Lancia Stratos desarrollada por Manifattura Automobili Torino [Ilustración 15]. Este modelo fue creado en 2018 como una reinterpretación moderna basada en el Ferrari F430 Scuderia, y se caracteriza por una carrocería de fibra de carbono. Aunque su precio y enfoque lo sitúan en un segmento exclusivo, representa un claro punto de comparación para evaluar el posicionamiento técnico del nuevo rediseño.



Ilustración 15. New Lancia Stratos.

Parámetro	New Lancia Stratos (2018)
Arquitectura	Biplaza, motor central
Peso en vacío	~1247 kg
Coefficiente de arrastre (Cd)	~0,33 (no oficial)
Materiales	Carrocería en fibra de carbono
Producción	Muy limitada (25 unidades)
Fuente principal	Top Gear, Manifattura Automobili Torino

Tabla 3. Características New Lancia Stratos.

Este benchmark tecnológico permite situar el nuevo Lancia Stratos dentro de un mapa competitivo de vehículos con enfoques técnicos similares. Comparado con estas referencias, el prototipo desarrollado destaca por haber logrado un coeficiente aerodinámico notablemente inferior ($Cd = 0,26$ en simulación CFD), apoyado en un diseño fluido y una optimización formal

6.3 Necesidades de mercado y tendencias de diseño.

Dentro de la industria automotriz, el diseño no se orienta únicamente a satisfacer requisitos funcionales, sino que ha ido alineándose cada vez más con las diferentes culturas, tecnologías y el medio ambiente. De esta forma, llegar a entender las necesidades del mercado actual y necesidades futuras resulta una tarea importante a la hora de abordar un proyecto de rediseño como el del Lancia Stratos.

El Estudio Global del Consumidor Automotriz 2025 de Deloitte, basado en una encuesta realizada a más de 31,000 consumidores en 30 países entre octubre y diciembre de 2024, analiza las principales tendencias que marcarán el mercado automotriz en los próximos años. En este estudio se habla acerca de cómo el consumidor europeo y español está poco comprometido con las marcas, priorizando la calidad sin descuidar el precio a la hora de elegir su próximo vehículo.

Así mismo resalta que la integración de inteligencia artificial podría facilitar el despliegue de vehículos autónomos, pero los consumidores continúan viendo este escenario con cierta preocupación. En la Ilustración 16 se muestra la posición de diversos países frente a la integración de la inteligencia artificial en los coches.

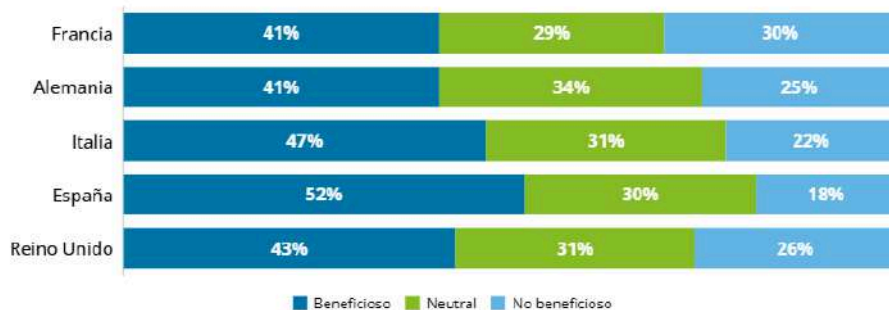


Ilustración 16. Beneficios integración IA en los coches según diversos países .

Una de las tendencias con más peso en el diseño exterior es la simplificación general de la forma. Un informe de ABC Motor destaca que, en eventos como el IAA Mobility de Múnich, las marcas automovilísticas presentan prototipos con diseños más simples y funcionales. Por ejemplo, se observa la ausencia de parrillas delanteras y tubos de escape, así como el uso de tiradores de puertas ocultos y líneas más limpias. Jorge Díez, director de diseño de SEAT y CUPRA, menciona que estos cambios responden a la necesidad de mejorar la eficiencia aerodinámica y liberar espacio interior, características facilitadas por la electrificación de los vehículos.

Este enfoque minimalista también se refleja en la arquitectura moderna, que influye en el diseño automotriz actual. Los principios de líneas limpias, minimalismo y funcionalidad presentes en la arquitectura se han trasladado a la industria automotriz, resultando en vehículos con formas aerodinámicas y superficies lisas que mejoran la eficiencia y el rendimiento. Modelos como el Polestar 4 [Ilustración 17] es una clara representación de estas tendencias, donde se puede observar claramente el abandono de detalles ornamentales para buscar proporciones equilibradas y superficies tensas.



Ilustración 17. Polestar 4, año 2023.

El diseño de la parte frontal del vehículo se halla en plena transición con la llegada de los vehículos eléctricos. Los frontales más actuales se caracterizan por la carencia de tomas de aire, ahora reemplazadas por superficies cerradas y parrillas reinterpretadas, es decir, elementos puramente estéticos y sin ninguna funcionalidad mecánica, muchas de ellas retroalimentadas o digitales. El empleo de este tipo de parrillas o elementos estéticos son visibles en modelos como el BMW serie 5 [Ilustración 18] que usa los frontales para crear una interfaz comunicativa con el usuario y ser un elemento identitario, estableciendo así una interacción con el entorno.



Ilustración 18. Nuevo BMW serie 5, año 2025.

En cuanto a la mecánica, o más preciso, desde el punto de vista aerodinámico, en el exterior del coche se busca la incorporación de elementos activos e inteligentes. La aerodinámica activa, tomas de aire que se cierran o abren dependiendo de la situación o los revestimientos que alteran la resistencia al avance son ya parte del diseño funcional del coche, integrándose estéticamente sin romper la pureza formal del conjunto. El anterior modelo citado, el Mercedes EQXX [Ilustración 19], gracias a estas innovaciones en la industria automotriz ha logrado batir un récord en cuanto al coeficiente aerodinámico, consiguiendo un coeficiente de 0,17.



Ilustración 19. Mercedes EQXX, año 2022.

Otra de las tendencias más destacadas en este mercado es la firma lumínica, ya que los diseños de los faros y la forma de iluminar es propio de cada marca, y en particular de cada modelo. Se tratan de elementos que definen en gran parte el diseño exterior. Algunas marcas ya incorporan mediante las luces OLED animaciones [Ilustración 20], bandas continuas o efectos tridimensionales; logrando captar al consumidor por tener esa distintiva que otras marcas aún no han logrado incorporar en sus modelos.



Ilustración 20. Ejemplo juego iluminación OLED, modelo Audi A5.

En este contexto, el conocimiento de las tendencias mencionadas no solo actúan como una guía conceptual, sino también como una herramienta proyectual con la que orientar el desarrollo formal y funcional del nuevo modelo. A continuación, se exponen los principales criterios de diseño que se han considerado y la forma en la que pueden llegar a integrarse en el diseño.

6.4 Público objetivo, posicionamiento y estrategia de marca.

El branding automotriz significa mucho a la hora de vender el modelo, y más con la llegada de la electrificación, la digitalización y las nuevas expectativas de los consumidores. Según el artículo publicado por The Slogan, la industria automotriz enfrenta desafíos y oportunidades en 2025, donde las diferentes marcas necesitan reinventarse estratégicamente para mantenerse en el mercado altamente competitivo y dinámico.

Además, las marcas optan por nuevas tendencias de diseño y tecnología para satisfacer las necesidades de los consumidores más exigentes. Abarcando desde la personalización e innovación hasta la sostenibilidad. Incorporar nuevas tecnologías como la realidad virtual y la inteligencia artificial resulta a día de hoy un auténtico desafío para las marcas por ser la primera en integrarlas, con el fin de ofrecer experiencias más inmersivas y personalizadas.

En el caso de Lancia, la marca se encuentra desarrollando un branding automotriz contemporáneo. Tras años de prestigio, el declive comercial y la reducción de modelos, la firma regresa al mercado tratando de posicionarse estratégicamente bajo el mando de Stellantis. El denominado “Piano Rinascita” (Plan Renacimiento) es la estrategia a seguir por Lancia, intentando alcanzar el mercado más enfocado al estilo premium, con identidad europea y alineada con las tendencias mencionadas anteriormente en este mismo apartado de la memoria. Según declaraciones oficiales del CEO de Lancia, Luca Napolitano, la intención no es competir en volumen con marcas generalistas, el objetivo actual de Lancia es ocupar un espacio emocional y estético similar al de firmas como Alfa Romeo o Volvo, destacando por esa elegancia italiana atemporal, combinado con el diseño emocional y la integración de tecnologías avanzadas.

Lancia se inclina por completo en la era de la electrificación lanzando todos sus modelos actuales y futuros 100% eléctricos. Esta decisión, coherente con los objetivos europeos de neutralidad de carbono y descarbonización del transporte, también forma parte de la estrategia de Stellantis denominada “Dare Forward 2030”, cuyo objetivo es que el 100% de las ventas en Europa sean de vehículos eléctricos puros antes de 2030.

La estrategia de comunicación seguida por Lancia se basa en atraer nuevos perfiles de consumidores mediante campañas de publicidad enfatizando en la estética, la exclusividad, y el diseño minimalista y sofisticado. El nuevo emblema de la marca, rediseñado en el año 2022, se basa en adaptar la firma a la era digital, simplificando las líneas tradicionales.

Lancia pretende captar un público con un perfil urbano, adulto, con sensibilidad por la estética y el diseño, con una conciencia ambiental cada vez más presente y con afinidad hacia el estilo de vida italiano, pero con un enfoque moderno y digital. Se basa en atraer compradores que valoran el vehículo por completo, desde su historia como sus innovaciones. Esta redefinición del target implica un cambio en las ventas, esperando que el 50% de las ventas futuras se hagan por vía online.

Actualmente, el mercado muestra un creciente interés por productos que conectan con el pasado desde una visión contemporánea. Tal como indica el informe de McKinsey & Company (2023), existe una expansión del llamado "lujo nostálgico", en el cual los consumidores no buscan sólo prestaciones, sino una experiencia de marca ligada al patrimonio, la artesanía y el diseño distintivo.

El público al que se orientaría este rediseño conceptual se puede identificar como un perfil de usuario aficionado al automovilismo clásico, al diseño de autor y al valor coleccionable de los vehículos. Dentro de este grupo encontramos:

- Coleccionistas privados, con alto poder adquisitivo, que valoran ediciones limitadas y diseños exclusivos.
- Entusiastas del diseño automotriz, que aprecian los detalles formales, las proporciones y la reinterpretación respetuosa de modelos icónicos.
- Seguidores de la marca Lancia, que conservan un fuerte vínculo emocional con su historia.
- Consumidores orientados en el diseño y la exclusividad, no necesariamente entendidos como expertos en automoción.

Por otro lado, uno de los objetivos de la marca a perseguir es recuperar emocionalmente su vínculo con los modelos icónicos del pasado, lo que continúa justificando la inspiración de nuevos modelos basados en la tendencia restomod, la reinterpretación nostálgica desde un punto de vista moderno y futurista. De ahí que en el marco de este TFG, la estrategia de la marca resulte coherente, puesto que se alinea con una de las direcciones más claras de su narrativa actual: recuperar su legado con una mirada vanguardista y comprometida con los valores del futuro. Esta estrategia de renacimiento no solo busca vender vehículos, sino establecer una conexión auténtica con un nuevo tipo de consumidor que busca experiencias coherentes, sostenibles y estéticamente significativas.

7. Estudio Aerodinámico

7.1 Principios aerodinámicos aplicados al diseño.

La aerodinámica es uno de los factores más cruciales en el rendimiento de un vehículo, afectando de manera directa tanto su velocidad como su estabilidad y eficiencia. Desde la reducción de la resistencia al aire hasta la optimización de la carga aerodinámica, la aerodinámica tiene un impacto profundo en el comportamiento de un automóvil, especialmente en aquellos diseñados para altas prestaciones, como los vehículos deportivos y de competición. El estudio y la mejora de la aerodinámica son fundamentales para garantizar que el vehículo no solo sea eficiente en términos de consumo de combustible, sino también capaz de mantener el control y la estabilidad en una variedad de condiciones de conducción.

La Dinámica de Fluidos Computacionales, llamada CFD por sus siglas inglesas, ha sido clave en el sector automovilístico, usándose en campos como el diseño, la simulación o la optimización de vehículos de hoy en día. El CFD se usa en la ingeniería para poder simular el comportamiento de los fluidos [Ilustración 21], ya sea gas o líquido, sobre las distintas superficies de un objeto, así mismo con esta técnica se pueden realizar análisis en fases tempranas del diseño, aspecto que ayuda a que el proceso de diseño se agilice y obtenga mayor flexibilidad si en algún momento se requiere algún cambio de última hora.



Ilustración 21. Prototipo de carrocería en análisis CFD.

En cuanto al diseño automotriz, el CFD es esencial para determinar la eficacia en cuanto a rendimiento, seguridad y sostenibilidad del automóvil. Estas simulaciones abarcan desde la reducción de la carga aerodinámica hasta la mejora de refrigeración del motor,

pasando incluso por aspectos como la distribución de carga aerodinámica; no solo es capaz de optimizar la velocidad y el consumo, el CFD muestra una visión integral del comportamiento aerodinámico en todo su conjunto, a parte de poder mejorar la estabilidad del coche incluso en situaciones de altas velocidades. A la hora de diseñar las carrocerías de los coches, resulta vital conocer con precisión cómo el flujo del aire pasa sobre ella, creando de este modo un vehículo no solamente estético, sino también funcional.

La incorporación de CFD en el diseño automotriz ha evolucionado considerablemente, y las actuales herramientas son capaces de realizar simulaciones más instantáneas, precisas y con mayor resolución. Las simulaciones como la de Reynolds-averaged Navier-Stokes, son técnicas muy avanzadas de simulación y modelado de flujos turbulentos, las cuales son usadas en la industria para predecir el comportamiento del aire en condiciones de elevada velocidad. A parte, el CFD ha sido capaz de mejorar la eficiencia del proceso de desarrollo automotriz en aspectos como el modelado 3D y los sistemas de gestión de datos de productos (PDM).

1. Resistencia al Aire y su influencia en el Rendimiento

La resistencia al aire, también conocido por el término inglés “drag”; resulta ser uno de los aspectos principales de la aerodinámica que afecta al rendimiento del coche. El fenómeno surge cuando el aire encuentra resistencia al mover un objeto a través de él, y se presenta como una fuerza que va en contra del avance del vehículo. Cuanto mayor sea la resistencia al aire, mayor será la cantidad de energía que el motor necesitará para permanecer a velocidad constante, lo que afecta considerablemente al rendimiento del coche.

Por ejemplo, con un coeficiente de arrastre $C_d=0.3$, la potencia requerida para vencer la resistencia aerodinámica es aproximadamente 11.2 kW. Si el coeficiente aumenta a $C_d=0.4$, la potencia necesaria se incrementa hasta unos 14.9 kW, lo que supone un aumento cercano al 33 % en la potencia que el motor debe entregar únicamente para superar el drag a esa velocidad.

2. Carga Aerodinámica

Cuando se habla de carga aerodinámica, se está refiriendo a la fuerza dirigida hacia abajo que se genera cuando el aire fluye sobre el vehículo. Esta carga incrementa la adherencia de los neumáticos al asfalto, proporcionando una mayor estabilidad, sobre todo a elevadas velocidades y pistas cuando hay curvas cerradas.

Componentes como los alerones, los spoilers o los difusores son comunes en este tipo de vehículos, ya que son capaces de dirigir el flujo del aire hacia áreas clave del

vehículo, incrementando la presión en la parte inferior y manteniendo el coche pegado al suelo en todo momento. Sin una carga aerodinámica bien estudiada y adecuada, un vehículo de alto rendimiento es muy probable que experimente pérdidas de control, lo que compromete la seguridad y el rendimiento del vehículo.

- Alerones: dispositivos aerodinámicos ubicados en la parte trasera del coche, su misión principal es aumentar la carga aerodinámica. Gracias a este elemento, se crea una presión descendente del flujo del aire que ayuda a mantener el coche pegado al suelo, mejorando la tracción del mismo y reduciendo el riesgo de pérdida de control. En la Ilustración 22 se demuestra como el diseño del alerón influencia de forma directa la carga aerodinámica, en el vehículo superior de la imagen se observa cómo se genera un vacío de aire mucho mayor que en el vehículo inferior, perjudicando a la estabilidad y rendimiento.

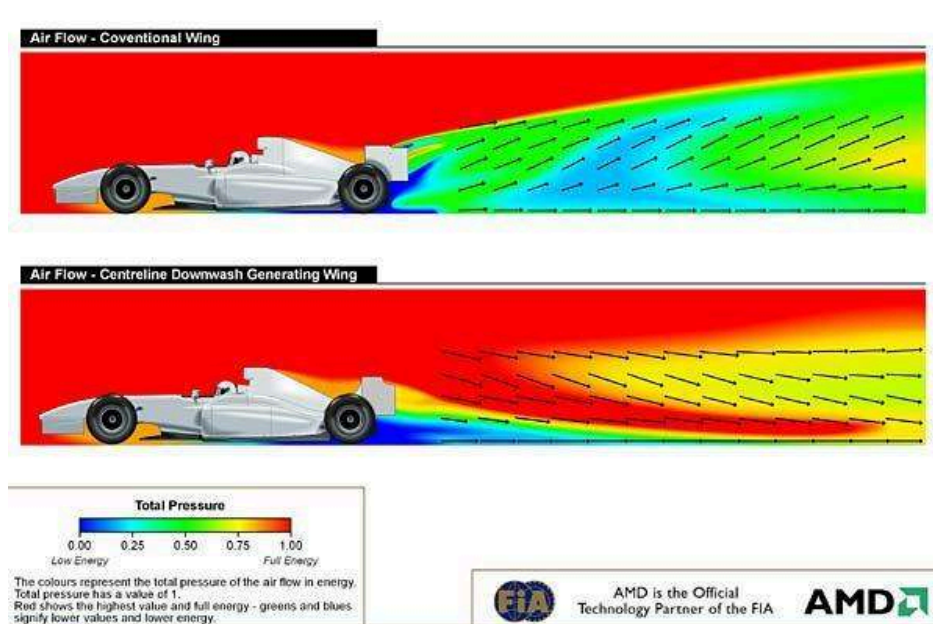
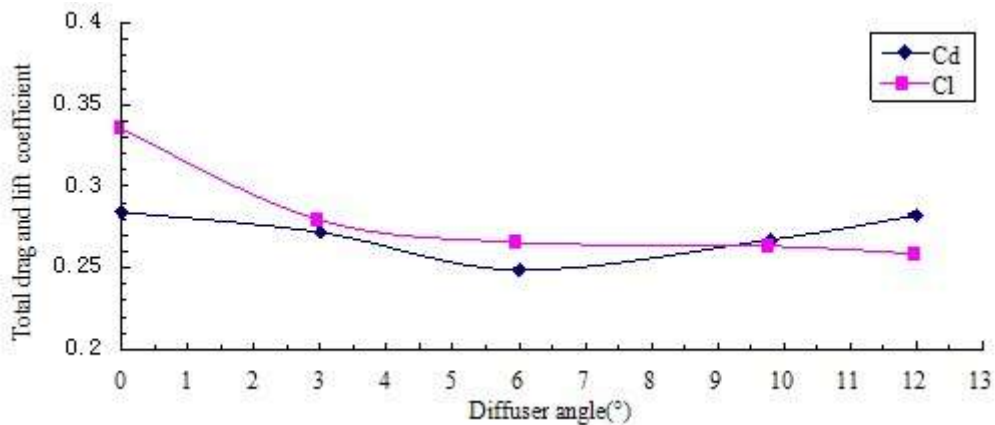


Ilustración 22. Influencia diseño alerón en un F1.

- Difusores: elemento ubicado en la parte trasera del automóvil, bajo el chasis. Se encargan de acelerar el flujo de aire que atraviesa la parte de abajo del coche, incrementando así la presión en esta zona. Gracias a esto, el coche experimenta una succión que empuja el vehículo hacia el suelo, proporcionando de esta forma una mejor estabilidad. Un estudio publicado en ResearchGate muestra cómo el coeficiente de arrastre de un sedán varía según el ángulo del difusor. Según la investigación, explicada visualmente en la Ilustración 23, al aumentar el ángulo del difusor de 0° a 12° , el coeficiente de arrastre disminuye inicialmente y luego aumenta, alcanzando el valor mínimo en torno a los 6° . En la gráfica C_d : coeficiente arrastre y C_l : coeficiente de sustentación.



Case name	Diffuser angle	Cd	Cl
Case one	0°	0.2841	0.3350
Case two	3°	0.2718	0.2791
Case three	6°	0.2487	0.2656
Case four (original model)	9.8°	0.2673	0.2633
Case five	12°	0.2822	0.2586

Ilustración 23. Influencia del difusor en la aerodinámica.

3. Configuración de la Carrocería

Un buen diseño de la carrocería equivale a una buena estabilidad; las líneas, los pasos de rueda y los bordes del vehículo son diferentes elementos que componen la carrocería, los cuales son desde un primer momento pensados y diseñados para poder canalizar el aire eficientemente. El diseño de la carrocería se encarga de reducir el drag y optimiza la distribución de la carga aerodinámica por todo el automóvil.

La Ilustración 24 proviene del informe titulado "Aerodinámica automotriz 101" de la web Engineering Cheat Sheet. La imagen muestra las líneas de corriente y los contornos de presión para dos configuraciones de carrocería:

- Modelo A: Carrocería SUV.
- Modelo 2: Carrocería compacta.

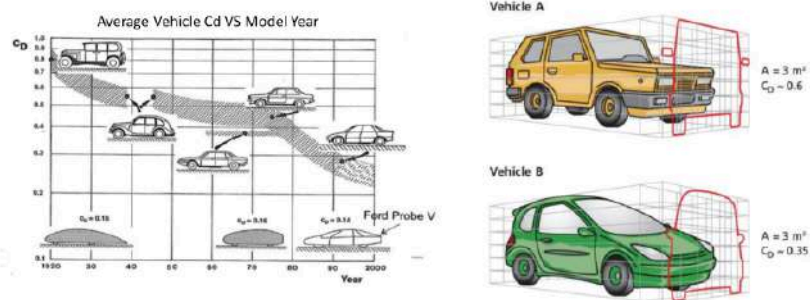


Ilustración 24. Influencia diseño carrocería en la aerodinámica.

A nivel aerodinámico, el modelo compacto (B) genera un flujo más continuo sobre la parte trasera, reduciendo las zonas de separación del flujo y, por tanto, disminuyendo la presión negativa (succión) que causa el arrastre. En cambio, el modelo SUV (A) genera una burbuja de recirculación de aire detrás del vehículo debido a una separación temprana del flujo en el corte abrupto, lo que aumenta significativamente el coeficiente de arrastre (Cd).

Este fenómeno se traduce en una mayor eficiencia aerodinámica para el fastback, que puede verse reflejado en una reducción del Cd de aproximadamente un 10–15 %, dependiendo del ángulo y el tratamiento del diseño.

4. Eficiencia del Combustible

El estudio titulado “Study and Simulation of the Fuel Consumption of a Vehicle Under the Influence of Aerodynamic Drag and Rolling Resistance Forces” realizado por Mbelle, D. et al. (2020) y publicado en ResearchGate, analiza cómo la resistencia aerodinámica y la resistencia a la rodadura afectan al consumo de combustible en turismos a velocidades constantes.

El objetivo principal fue cuantificar la influencia del coeficiente de arrastre (Cd) y del área frontal (A) en el consumo de combustible, considerando además la influencia de la temperatura ambiente. Los cálculos se realizaron mediante simulación, en condiciones constantes de velocidad (aproximadamente 100 km/h) y temperatura de unos 30 °C; ver Ilustración 25.

El estudio tiene gran valor para el diseño automotriz, ya que permite establecer relaciones directas entre parámetros de diseño aerodinámico y eficiencia energética.

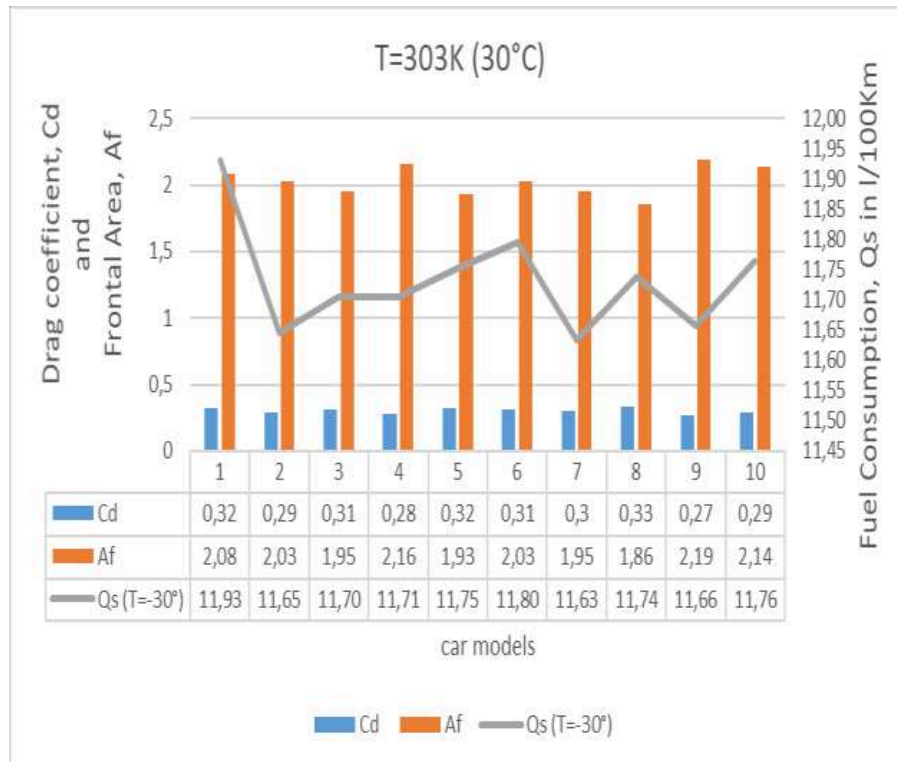


Ilustración 25. Estudio influencia aerodinámica sobre eficiencia combustible.

El estudio demuestra que existe una relación directa entre el producto del coeficiente de arrastre y el área frontal del vehículo ($C_d \cdot A$) y el consumo de combustible a velocidad constante. A medida que aumenta la resistencia aerodinámica, el consumo en litros por cada 100 km se incrementa de forma casi lineal. Por ejemplo, un vehículo con $C_d \cdot A = 0.5$ consume alrededor de 6.7 l/100 km, mientras que otro con $C_d \cdot A = 0.9$ alcanza los 7.8 l/100 km, lo que representa un aumento del 16%. Además, el estudio muestra que las temperaturas más bajas elevan aún más el consumo debido al aumento de la densidad del aire y a una menor eficiencia térmica. En conclusión, reducir el coeficiente de arrastre o el área frontal permite mejorar de forma significativa la eficiencia del vehículo.

Por otra parte, existen túneles de viento [Ilustración 26] capaces de mostrar datos sobre cómo un vehículo se comporta ya en el mundo real. En este tipo de pruebas, los coches o prototipos se colocan en un flujo de aire controlado por el equipo de ingenieros, los cuales conforme el aire fluye alrededor de la carrocería, van midiendo los parámetros de resistencia al aire y de la carga aerodinámica.



Ilustración 26. Túneles de viento.

Si bien es cierto que las simulaciones CFD proporcionan información muy útil en las primeras fases de diseño, los túneles de viento hacen que el diseño se confirme definitivamente ya que comprueba aquellos parámetros que pueden estar equivocados por parte del CFD. Es por ello que la combinación de estas dos técnicas son fundamentales para un diseñador ya que otorga mayor entendimiento acerca del rendimiento del vehículo en general.

7.2 Estrategias aerodinámicas modernas.

Existen dos tipos de alerones, los fijos y los electrónicos o inteligentes, en el caso de los electrónicos son capaces de ir variando su altura o ángulo de inclinación o ataque en función de las condiciones de conducción. Esta capacidad, que los fijos son incapaces de hacer, permite que el coche posea un rendimiento optimizado durante las diferentes situaciones de carretera o circuito. El artículo “Aerodynamic analysis of an active rear split spoiler for improving lateral stability of high-speed vehicles” de Ayyagari & He (2017) investiga cómo un alerón trasero dividido y activamente controlado mejora la estabilidad lateral de un vehículo en maniobras a alta velocidad.

Mediante simulaciones y pruebas en túnel de viento, se comprobó que al aumentar el ángulo de ataque del alerón de 5° a 10° , la carga aerodinámica (downforce) pasó de 591 N a 761 N a 140 km/h [Ilustración 27]. Esta variación permitió generar momentos de guiñada controlados, mejorando la tracción en curvas sin comprometer excesivamente el coeficiente de arrastre. El sistema mostró un buen ajuste entre simulación y ensayo (error del 9–17 %) y se propuso como solución eficaz para vehículos deportivos o de alto rendimiento.

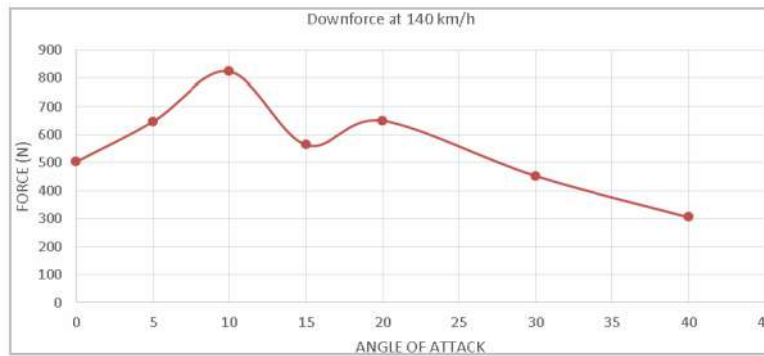


Ilustración 27. Alerón activo influencia del ángulo de ataque.

Aparte de los alerones, otro elemento a destacar en cuanto a estrategias para mejorar la aerodinámica sin comprometer la estética deportiva, son las flaps móviles. Este elemento, llamado también Gurney Flaps [Ilustración 28], son como un conjunto de pequeños paneles de aluminio o fibra de carbono hallados en el trasera del vehículo y su misión principal es la de mejorar la eficiencia aerodinámica. También existen otros elementos como difusores dinámicos o las entradas de aire en el frontal del coche, que ayudan en todo momento a ajustar la aerodinámica en tiempo real según las necesidades del conductor y las condiciones de la carretera.



Ilustración 28. Aplicación de los Gurney Flaps en la F1.

Incorporar estos elementos en el nuevo diseño sería una apuesta muy arriesgada, ya que todo esto supone a su vez un incremento en el precio de venta. Por otro lado, el nuevo modelo estaría enfocado en un coche deportivo de calle, y no en un coche más pensado para competiciones de gran calibre.

La aerodinámica, junto a todos los elementos y dispositivos que la ayudan, ha sido estudiada y usada en vehículos superdeportivos y de competiciones desde tiempos remotos. Según el SAE International (antes conocida como Society of Automotive Engineers), una organización profesional de ingenieros que se centra en la ingeniería y

movilidad en la industria automotriz, aeroespacial y de vehículos comerciales, el empleo de alerones activos mejora la capacidad de control en circuitos al otorgar la carga aerodinámica correspondiente en función de la velocidad y las fuerzas aerodinámicas.

Lo primero a estudiar en el rediseño del Lancia Stratos es el plano frontal del coche. El frontal del coche original resultó ser el mayor causante de su fama, debido a ese morro plano y alargado que lo hacía único y muy distinguido sobre el resto, es por ello que esta parte es de vital importancia estudiarla y ponerla con cuidado para no perder su esencia. La idea es hacer un frontal con líneas más suaves y fluidas, lo que ayuda que el aire pueda llegar a fluir mejor sobre la carrocería. Las líneas rectas y ángulos pronunciados del modelo original consiguen aumentar el drag, sin embargo, líneas más curvadas y continuas reducen la resistencia al aire.

Pasando a la parte trasera de la carrocería, el difusor de un coche no necesariamente es el lugar donde salen los tubos de escape, aunque resulta común localizarlo en este elemento, en modelos como el Porsche 918 Spyder o el McLaren P1, los tubos de escape están localizados fuera de los difusores.

No sólo el diseño influye en la aerodinámica, la elección de los materiales es vital, ya que materiales más ligeros ayudan a reducir el drag. Así mismo, el hecho de que el vehículo pese menos, mejora la dinámica y la capacidad de maniobrabilidad a alta velocidad. Materiales usados comúnmente en el sector más deportivo de la automoción son la fibra de carbono y el aluminio, consiguiendo una estructura ligera pero robusta. El material final escogido para el nuevo Lancia Stratos es aluminio para la carrocería, vidrio laminado para el parabrisas, y para las ventanillas laterales policarbonato laminado con recubrimiento antirrayado; esta elección se detalla en el Anexo 1.

En este Trabajo de Fin de Grado, se llevarán a cabo dos simulaciones CFD utilizando SolidWorks Flow Simulation: una para el Lancia Stratos original y otra para el modelo rediseñado propuesto. El objetivo principal de estas simulaciones es analizar el flujo de aire alrededor de ambos modelos y evaluar cómo las modificaciones aerodinámicas influyen en el rendimiento general del vehículo, específicamente en términos de drag (resistencia aerodinámica) y carga aerodinámica. Este enfoque permitirá realizar comparaciones objetivas entre el modelo clásico y la nueva versión optimizada, asegurando que las decisiones de diseño estén respaldadas por datos precisos y útiles.

7.3 Análisis aerodinámico del modelo original

Con el objetivo de mejorar aerodinámicamente el Lancia Stratos, se ha llevado a cabo un estudio aproximado de simulación CFD (Dinámica de Fluidos Computacional), el cual permite calcular su coeficiente de arrastre, que según la Wikipedia este coeficiente es de 0.40; así como evaluar el comportamiento aerodinámico del diseño original y sirve de referencia para evaluar el estudio aerodinámico del modelo propuesto. El software empleado para llevar a cabo esta simulación es SolidWorks, más concretamente empleando su herramienta Flow Simulation encargada de realizar el CFD.

El modelo 3D utilizado para el Lancia Stratos clásico ha sido obtenido de la plataforma GrabCAD. A pesar de no ser un modelo CAD oficial proporcionado por la marca, su geometría exterior es representativa del vehículo original.

En este proceso es necesario establecer unos parámetros antes de empezar a calcular. Estos parámetros son los que se presentan a continuación:

- Selección de las unidades a usar en la simulación [Ilustración 29]: se emplearon las unidades del SI (Sistema Internacional).

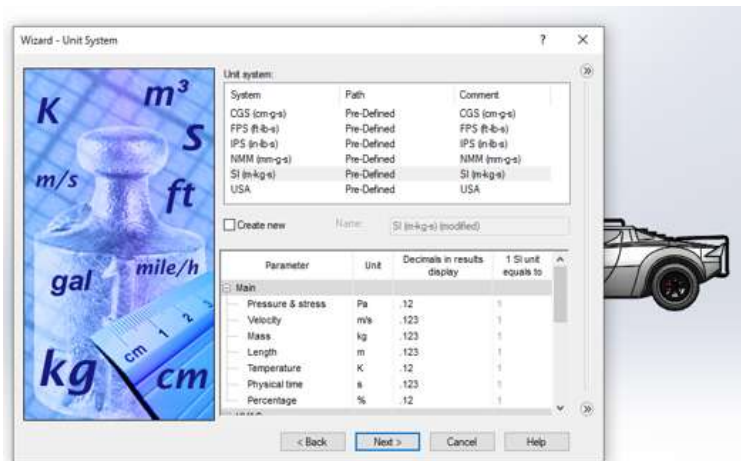


Ilustración 29. Sistema Unidades CFD.

- Selección tipo análisis [Ilustración 30]: en esta simulación se realiza un análisis externo, es decir, el aire fluye por la carrocería del coche. La gravedad es negativa en el eje Y debido a que el alzado del coche es paralelo a los ejes X y Z. Por último, se le manda al programa a obviar aquellos huecos o cavidades que

pueda tener el modelo D, todo con el objetivo de que el aire solo haga el análisis de la superficie exterior y no haya fallos en el cálculo.

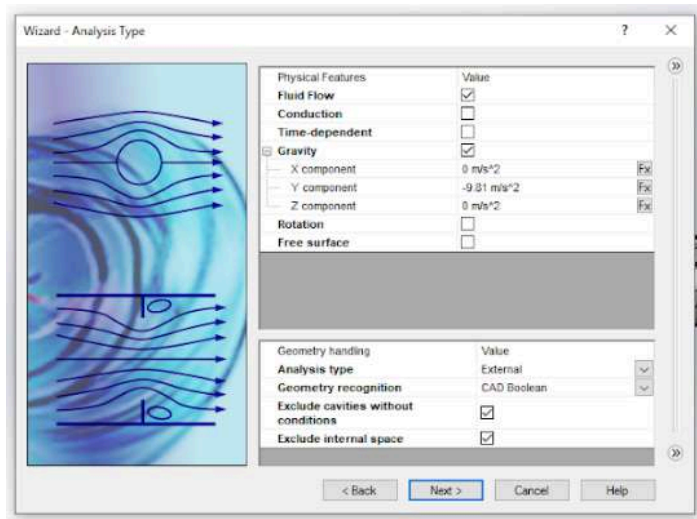


Ilustración 30. Tipo de análisis creado para el CFD.

- Selección del fluido [Ilustración 31]: el fluido escogido es el aire, ya que será el causante del coeficiente de arrastre de los vehículos en general que se mueven por vía terrestre o aérea. el sentido del aire en la simulación será en sentido negativo del eje Z.

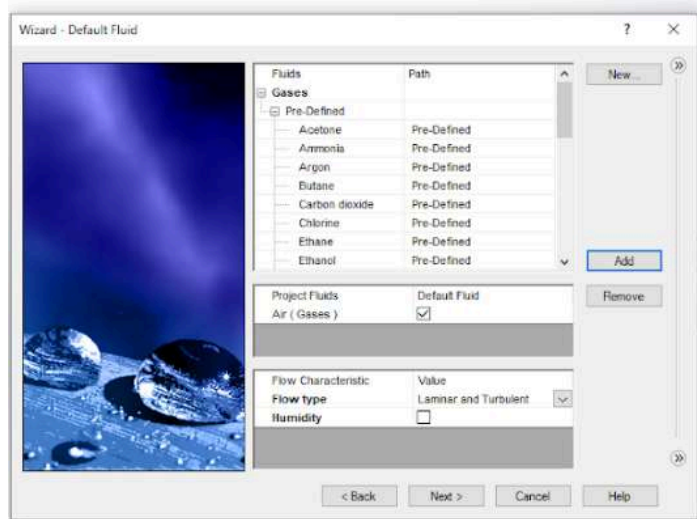


Ilustración 31. Selección del tipo de fluido para el CFD.

- Selección condiciones ambientales del entorno [Ilustración 32]: es necesario indicar los parámetros del entorno del modelo; para ello se han indicado las

condiciones más óptimas para que el coeficiente de arrastre sea el más cercano a 0.40. Al programa se le ha introducido una temperatura de 20°C, una presión de 1 atmósfera y una velocidad del fluido, el aire, de 30m/s; la elección de esta velocidad es debido a que se considera que es la suficientemente alta para poder calcular el coeficiente de arrastre lo más exacto posible.

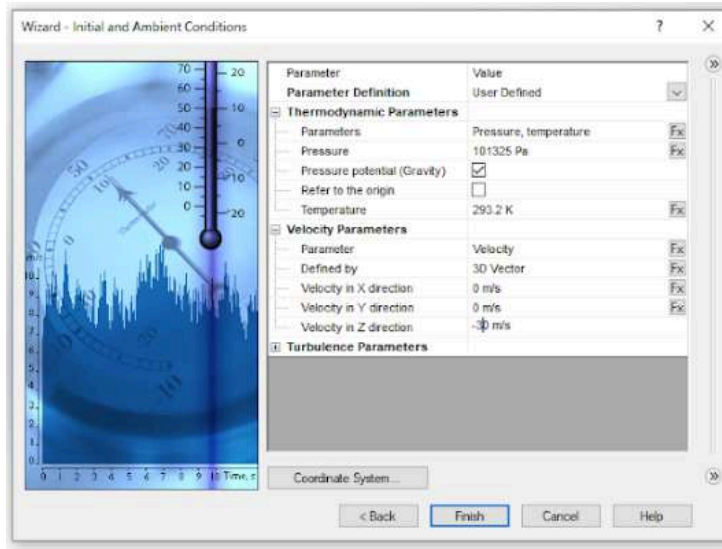


Ilustración 32. Selección parámetros de entorno del CFD.

Establecidas las condiciones de simulación para lograr un cálculo certero sobre la aerodinámica del Lancia Stratos, es necesario modificar unos parámetros más generalizados. Lo primero a ajustar es modificar el dominio computacional [Ilustración 33], es decir, como una caja en donde vamos a meter el modelo y las condiciones previamente establecidas.

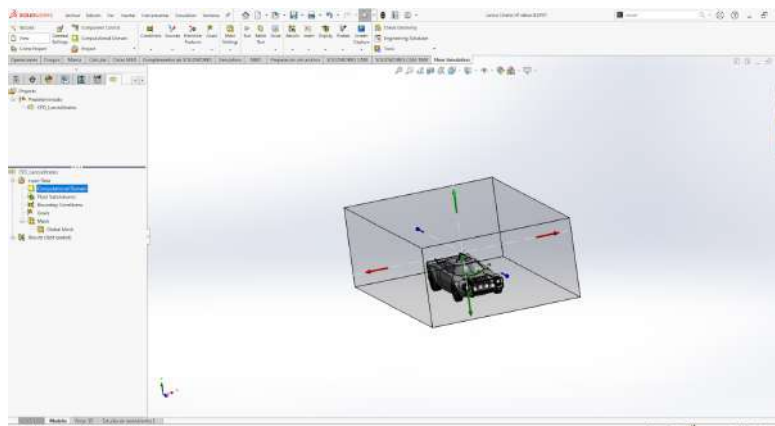


Ilustración 33. Dominio computacional del CFD.

El dominio establecido es el óptimo y adecuado para la simulación, con el espacio necesario tanto por arriba como por los laterales para que sea más visible de qué forma vacía el aire cuando éste impacte sobre la carrocería. Sin embargo la parte de abajo, se ha situado en la superficie inferior de las ruedas para simular el suelo, de tal forma que el aire fluya correctamente por esta parte del coche.

Otro aspecto crucial es el nivel de malla requerido para el cálculo, siendo el mejor el nivel 7 y el peor el nivel 1, cuanto mayor sea el nivel, más precisa será la simulación. Sin embargo por problemas de rendimiento de los ordenadores de la facultad y el elevado grado de detalle del modelo 3D, el nivel 7 de malla ha sido imposible de conseguir por problemas técnicos; por lo que se ha reducido a un nivel 4 [Ilustración 34], un nivel óptimo, capaz de ser cargado por el ordenador y programa y adecuado para este proyecto de final de carrera en el que se busca realizar un estudio de un nuevo diseño adaptado a las tendencias actuales y futuras, intentando conseguir una aerodinámica mejor que el modelo original; en definitiva, el objetivo no es un estudio preciso de la aerodinámica del coche, se busca calcular una comparativa lo más cercana a la realidad para poder evaluar el nuevo.

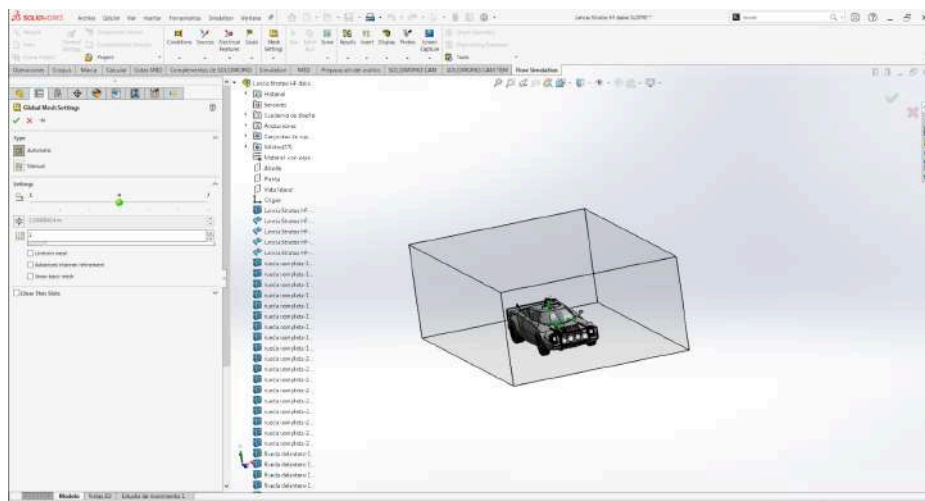


Ilustración 34. Nivel de mallado del CFD.

Posteriormente se introduce la ecuación [Ilustración 35] que sirve para poder calcular el coeficiente de arrastre, ecuación obtenida de Wikipedia (drag coefficient), y que resulta ser:

$$c_d = \frac{2F_d}{\rho u^2 A}$$

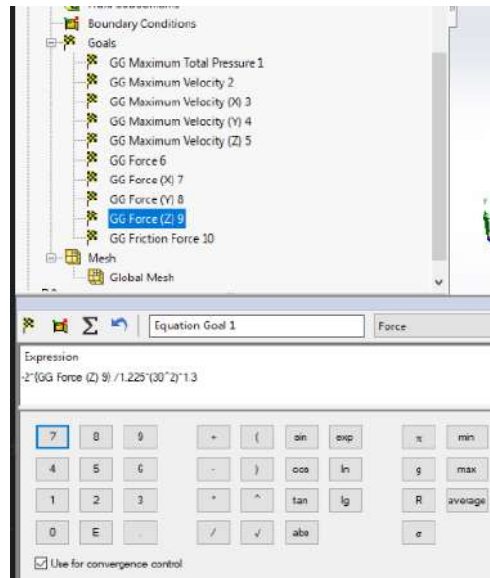


Ilustración 35. Ecuación de drag.

Donde C_d es la variable que buscamos obtener, “ F_d ” es la fuerza generada por el viento contra la carrocería en el eje Z cuyo valor calculado ha sido de 301 N, es por ello que es necesario añadir un signo negativo a la ecuación, sentido del aire es el negativo del eje Z. Por otro lado, la constante “ ρ ” se refiere a la densidad del fluido que se usa para calcular el coeficiente, en el caso del CFD del Lancia Stratos es la densidad del aire, cuyo valor es de 1.225 kg/m³. La variable “ u ”, representa la velocidad del aire, en este análisis es una velocidad de 30 m/s. En último lugar, se requiere especificar el valor de A para la ecuación, el área de referencia, medida tomada en el mismo programa de SolidWorks y cuyo valor es de 1.3 m² aproximadamente.

El análisis aerodinámico de este modelo en concreto no se encuentra disponible ya que no hay proyectos existentes ni información por parte de la marca sobre estudios CFD del lancia Stratos, ni elementos visuales provenientes de simulaciones fluidodinámicas reales o virtuales del modelo. La única cifra accesible públicamente corresponde al coeficiente de arrastre (C_d), estimado en 0.40, sin referencias detalladas ni condiciones de ensayo.

El resultado obtenido, un coeficiente de 0.42, es un valor cercano al estimado públicamente. esta diferencia se atribuye a diferentes factores, los cuales son:

- Fidelidad geométrica del modelo 3D, sin acceso a planos precisos del modelo obtenido mediante la web de modelos 3D descargables GrabCad.
- Suposiciones necesarias sobre detalles simplificados u obviados en el modelo 3D.
- Condiciones de simulación idealizadas.

- Método de mallado y resolución ajustado para mantener un equilibrio entre detalle y tiempo de simulación.

Pese a estas adversidades, el resultado valida la consistencia del modelo y su utilidad como base comparativa para evaluar el rediseño estudiado en el proyecto. Al estar desarrollado el análisis aerodinámico completamente por el autor, tanto la parte visual como numérica, de este modo, los resultados presentados constituyen un trabajo original y técnico que sirve como base para evaluar objetivamente la mejora aerodinámica del nuevo diseño propuesto.

A continuación se presentan las representaciones visuales realizadas con el programa empleado para el CFD, SolidWorks, y las conclusiones sobre el comportamiento del Stratos aerodinámicamente.

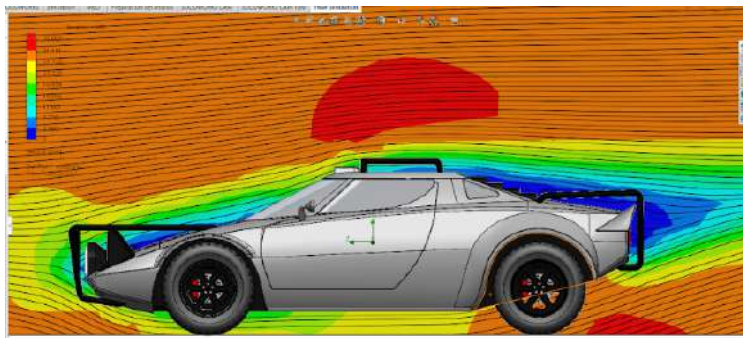


Ilustración 36. Resultado CFD modelo original 1.

En la imagen [Ilustración 36] se aprecia claramente el correcto desarrollo del flujo de aire sobre la carrocería. Las zonas representadas de diferentes colores muestran que el flujo se mantiene adherido en gran parte en el frontal del Stratos, desplazándose de forma uniforme por el capó y techo. Sin embargo, la zona que más llama la atención es la parte posterior, donde se evidencia una clara zona de separación del aire, zona identificada debido a de corriente más gruesas y donde hay una reducción de la velocidad(zona de colores fríos), lo que resulta ser una zona donde hay turbulencia y formación de estela aerodinámica, lo que perjudica en la eficiencia aerodinámica debido al arrastre (drag) causado por la separación del aire.

El mapeo marca cómo la velocidad máxima (zona color rojo) del flujo se alcanza sobre el techo y zona posterior del coche, en esta zona concretamente se observa un aumento en la aceleración del aire, zonas de color rojo y naranja. Este detalle confirma la existencia de una reducción de flujo en estas áreas, lo que genera una carga aerodinámica favorable.

A parte se observa que en la parte frontal es donde más presión recibe el coche, mientras que en la parte superior y trasera apenas se registra una presión tan excesiva; esto contribuye a una sustentación negativa (downforce), algo deseable para mejorar o incrementar la adherencia del vehículo al suelo en condiciones de alta velocidad.

Además del análisis bidimensional generado, se aporta una visualización tridimensional con trayectorias de flujo [Ilustraciones 37 a 40] para observar el real comportamiento del aire alrededor del vehículo. Este enfoque proporciona una comprensión más detallada de la interacción del aire con las superficies del Lancia Stratos.

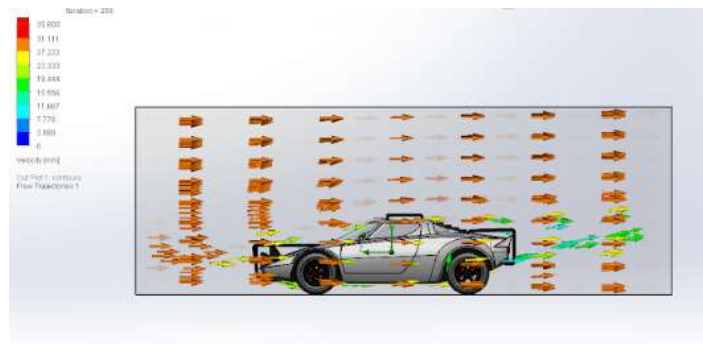


Ilustración 37. Resultado CFD modelo original 2.

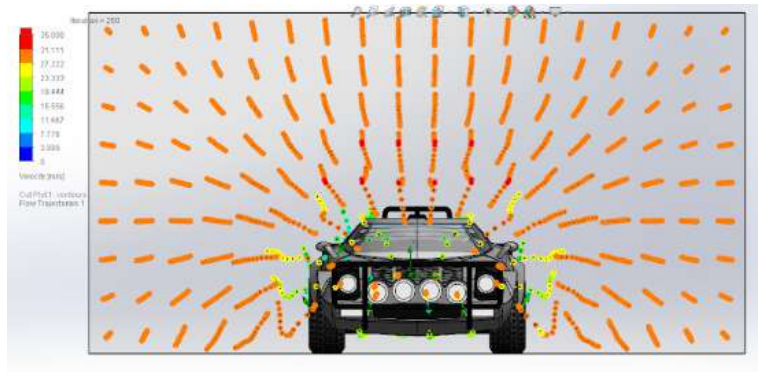


Ilustración 38. Resultado CFD modelo original 3.

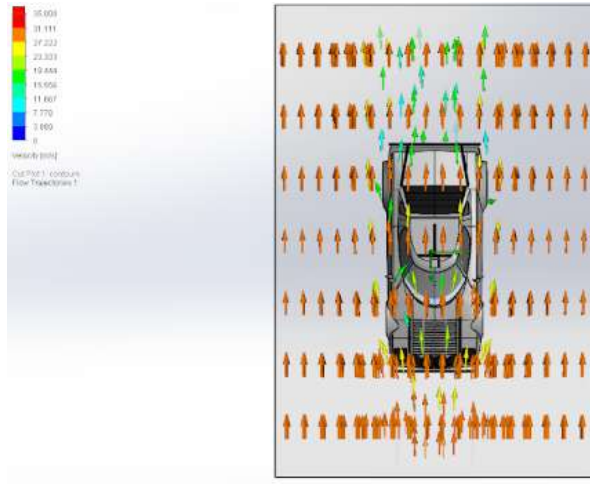


Ilustración 39. Resultado CFD modelo original 4.

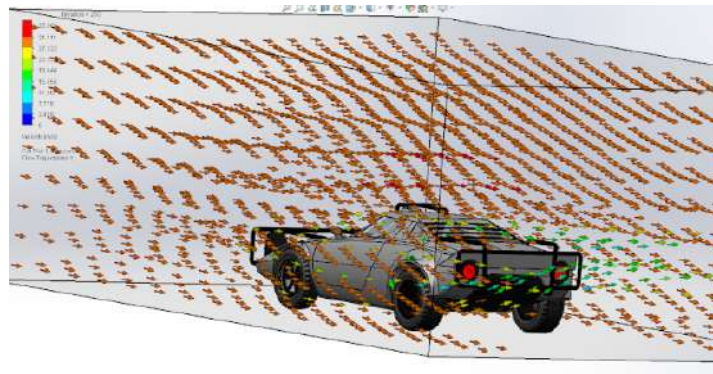


Ilustración 40. Resultado CFD modelo original 5.

Las trayectorias del flujo permiten visualizar el patrón espacial del aire conforme circula por la carrocería. En las diferentes imágenes mostradas, se aprecian vectores tridimensionales representando la dirección y magnitud del flujo en el dominio definido. El patrón general indica un flujo uniforme en la parte frontal y superior, mientras que en la parte posterior se observan desviaciones y una pérdida de la linealidad en las trayectorias, lo que resulta ser la presencia de zonas de turbulencia y separación de flujo.

Se consigue observar como el frontal es la zona donde el aire incide de una forma más directa generando elevada presión en esta zona y forzando en parte la desviación del flujo en el parabrisas, lo que influye en la eficiencia aerodinámica.

La escala de velocidad representada por colores muestra que la mayor aceleración del flujo surge en las aproximaciones al techo y partes frontales del coche, alcanzando velocidades por encima de los 30 m/s.

7.4 Proporción Áurea

La proporción áurea es una constante matemática mundialmente reconocida que ha servido de referente en diferentes disciplinas o campos, como en la arquitectura, arte y el diseño industrial, a lo largo de los siglos. La proporción áurea está representado por el número ϕ (phi) ≈ 1.618 , y se encuentra descrita en la naturaleza en elementos como la concha del nautilus, la disposición de los pétalos en las flores o por ejemplo en la estructura de los huesos humanos.

Hablando conceptualmente, la proporción áurea se calcula dividiendo una línea en dos segmentos de forma que la relación entre el mayor y menor segmento sea igual que la relación entre la suma de ellos y el segmento de mayor tamaño. Expresado de forma matemática queda la siguiente fórmula:

$$A/B = (A+B)/A = \phi$$

Donde:

- A representa el segmento mayor.
- B representa el segmento menor.
- ϕ es la proporción áurea, aproximadamente 1.618.

En el diseño industrial, y en general en la ingeniería, la proporción áurea ha influido de forma significativa a lo largo de los años. En el libro "LA PROPORCIÓN ÁUREA: Cuando la belleza está en las matemáticas" de National Geographic, muestran como la proporción áurea es aplicada en múltiples objetos de nuestro día a día e incluso en estructuras arquitectónicas, con el objetivo de lograr una percepción armónica y equilibrada.

La proporción áurea es altamente empleada en el diseño de productos, sobre todo para definir las dimensiones de los objetos con el objetivo de hacerlos visualmente atractivos y ergonómicamente eficientes. Un claro ejemplo es el diseño de las pantallas de los diferentes dispositivos electrónicos, ya que la relación entre la altura y anchura, es decir, sus proporciones, se suelen aproximar al número ϕ para mejorar la experiencia visual a los usuarios.

Otro campo de aplicación fundamental es el diseño de automóviles, en esta industria la proporción áurea juega un papel crucial ya que se encarga de distribuir el volumen que ocupa un vehículo, la relación entre sus diferentes elementos y la percepción de su fluidez y dinamismo. A lo largo de los años, han sido múltiples diseñadores los que se

han apoyado en la proporción áurea, ya sea conscientemente o intuitivamente, para crear verdaderas obras de arte sobre ruedas como el Ferrari 488 [Ilustración 41], no sólo ya en cuanto lo estético, sino que también en la aerodinámica y la funcionalidad del mismo.

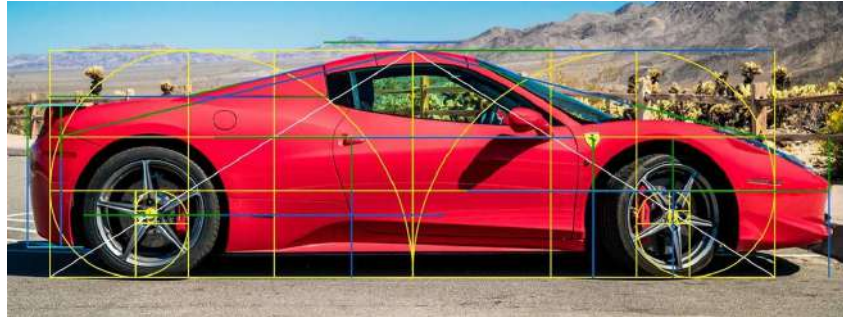


Ilustración 41. Aplicación de proporción áurea en el Ferrari 488.

Para realizar el estudio del diseño del nuevo Lancia Stratos, la aplicación de la proporción áurea permite analizar cómo son las proporciones del modelo original y poder adaptar estas proporciones a un enfoque más moderno y actual sin llegar a perder su esencia en ningún momento. Por ejemplo Nissan, realizó el diseño de su nuevo Nissan Z basándose en la proporción áurea [Ilustración 42].



Ilustración 42. Aplicación de proporción áurea en el Nissan Z.

Gracias a la proporción áurea, se consiguen definir relaciones matemáticas entre diferentes elementos del vehículo, tales como:

- La relación entre la altura y la anchura del coche.
- El posicionamiento del habitáculo respecto al conjunto del vehículo.

- El diseño de la parrilla y los faros en la parte frontal.
- Las proporciones de las ventanas y la inclinación del parabrisas.
- La integración de elementos aerodinámicos como alerones y difusores.

Carwow, medio de comunicación a nivel mundial, analizó 197 coches desde 1950 midiendo 50 proporciones en su vista frontal para comparar con la proporción áurea. El Ferrari Monza SP1 fue el más cercano con un 61,75 % de coincidencia, seguido por el Ford GT40 y el Ferrari 330 GTC Speciale. Curiosamente, el coche más alineado fue el Smart ForTwo Cabrio (2016) con un 98,83 %, demostrando que tanto deportivos clásicos como urbanos modernos pueden acercarse a esta proporción. Aunque el análisis es visualmente riguroso, sólo evalúa la estética frontal y no considera otros aspectos del diseño.

La relación entre el habitáculo y la longitud del coche es una de las más importantes en el diseño de un automóvil deportivo. Es por ello que la proporción áurea ayuda a establecer una posición equilibrada del piloto dentro del conjunto del coche, aspecto que afecta tanto a la estética como a la experiencia de usuario.

La proporción áurea es más aplicable en la vista lateral del automóvil. En el diseño de los modelos, es común tener en cuenta para la proporción áurea la relación existente entre el largo del capó y el resto del vehículo, sobre todo para lograr dar una sensación de fluidez y velocidad.

En este proyecto, en donde se busca estudiar un nuevo diseño del mítico Lancia Stratos, se estudia más adelante si encaja o no la proporción áurea en diferentes áreas como:

- La distancia entre los ejes y la longitud del capó.
- El frontal del vehículo, comprobando la distancia de los faros con respecto al suelo.
- La distancia total de la carrocería.

Así mismo, otra parte clave es la parte frontal, ya que con esta parte se adquiere gran parte de su identidad visual. En modelos muy admirados los bugattis, las parrillas y faros son diseñados siguiendo al milímetro la proporción áurea, lo que otorga que este tipo de superdeportivos tengan una imagen perfectamente simétrica y armónica.

En el caso del Lancia Stratos, sus faros empotrados otorgaban al mismo una equilibrada proporción en relación con la anchura del coche. En el rediseño se busca desde el primer momento mantener ese equilibrio pero llegando a modernizarlo mediante elementos aerodinámicos y lumínicos actuales.

Las proporciones que presenta el Lancia Stratos son únicas en el mundo de la automoción. Este modelo es distinguido sobre el resto gracias a su característico habitáculo reducido, su diseño compacto y un diseño de la parte trasera más corto de lo que era habitual. A pesar de ello, aplicar la proporción áurea en su rediseño puede otorgar mayor fluidez visual y estética sin perder su esencia y personalidad.

Un coche con tanto carácter radical dentro de él por su diseño atemporal, su arquitectura compacta y deportiva, en el proyecto se estudia la aplicación de la proporción áurea con el fin de modernizarlo conservando su identidad, redefiniendo sus líneas y elementos. Bien es cierto que a la hora de diseñar este modelo en 1973 la proporción áurea no fue considerada, a pesar de ello, el coche sigue presentando un diseño con unas relaciones geométricas fuera de lo tradicional y común, haciéndolo atractivo e impactante para los amantes del motor. En busca de su rediseño, se pretende acentuar las proporciones, optimizando la distribución de la carrocería y el habitáculo haciéndolo más estético y armónico.

8. Diseño Conceptual

Gracias al estudio de mercado realizado previamente en el punto 5, junto al análisis de las tendencias actuales y futuras, se puede proceder al desarrollo conceptual del nuevo Lancia Stratos.

8.1 Requisitos y decisiones de diseño

En primer lugar se establecen los objetivos que conforman la base sobre la que se articulará el diseño final del vehículo.

1. Preservación de la identidad original:

Mantener una silueta compacta y un diseño frontal afilado, reinterpretando rasgos distintivos del modelo original con un lenguaje más contemporáneo.

2. Actualización estética y formal:

Simplificar y modernizar volúmenes, eliminando elementos desfasados para lograr una carrocería más fluida, elegante y coherente con las tendencias actuales.

3. Optimización del habitáculo:

Reubicar la cabina para mejorar la ergonomía, la experiencia de conducción y la habitabilidad, con orientación clara hacia el conductor.

4. Enfoque emocional y experiencial:

Diseñar un vehículo que transmita deportividad y exclusividad, dirigido a usuarios apasionados del automóvil y la conducción.

5. Aerodinámica:

Priorizar que el nuevo diseño sea mejor aerodinámicamente que su antecesor.

A parte, en el desarrollo del nuevo Lancia Stratos se han tomado una serie de decisiones estratégicas que condicionan tanto la viabilidad técnica del proyecto como su coherencia con los objetivos funcionales, estéticos y normativos actuales.

Por un lado, se opta por la electrificación del vehículo mediante la incorporación del propulsor M4+ de Stellantis [Anexo 3], una unidad eléctrica que permite reducir las emisiones, cumplir con las normativas medioambientales vigentes y posicionar el modelo en un contexto de innovación tecnológica sin renunciar a prestaciones deportivas.

En cuanto a los materiales, se ha priorizado una selección que optimiza la relación entre peso, resistencia y sostenibilidad [Anexo 2]. La carrocería se propone en aluminio, por su ligereza, rigidez estructural y facilidad de reciclaje. Para las ventanillas, se ha elegido policarbonato laminado con recubrimiento antirrayado, lo que reduce el peso total del vehículo y mejora la resistencia a impactos y arañazos. En el caso del parabrisas, se mantiene el uso de vidrio laminado, que garantiza la seguridad pasiva y el cumplimiento de las normativas de homologación.

8.2 Diseño conceptual

Por cada boceto desarrollado se analizan aspectos como la percepción dinámica del volumen, la identidad frontal y trasera, y la coherencia entre el diseño y la motorización seleccionada. A continuación se muestran los primeros bocetos.

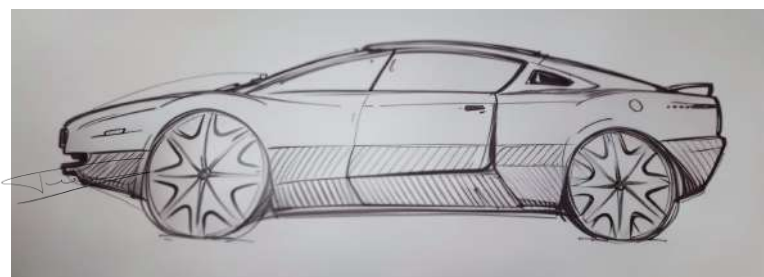


Ilustración 43. Boceto 1 vista perfil.

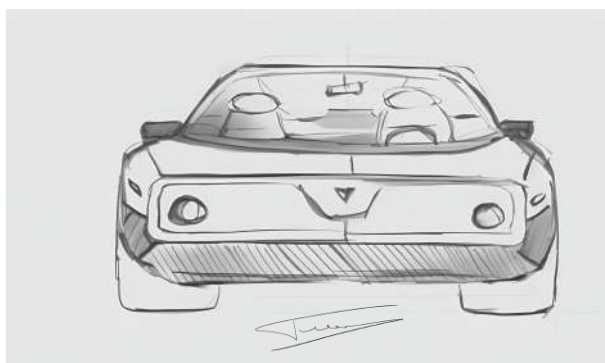


Ilustración 44. Boceto 1 vista frontal.

El boceto mostrado, Boceto 1 [Ilustración 43 y 44], es una de las primeras aproximaciones al diseño del nuevo Lancia Stratos. Desde un punto de vista conceptual, la propuesta se enmarca dentro de una línea de diseño moderna y deportiva, pero a la vez clásica, con una clara intención de realizar un diseño compacto.

El modelo proyecta una visión deportiva con un habitáculo desplazado hacia el eje posterior. La línea de techo fluida, acompañada por una ligera caída trasera, genera una silueta aerodinámica, mientras que el frontal mantiene esa anchura tan destacable del Stratos.

Aunque se trate de una interpretación libre, mantiene ciertas similitudes con el Stratos clásico:

- La compacidad del conjunto y su carácter monovolumen conservan la esencia del coche original.
- La inclinación del parabrisas recuerda la arquitectura del Stratos, aunque aquí se ha suavizado y alargado para modernizar el conjunto y mejorar la visibilidad.
- El frontal acabado en esa zona plana recuerda a la perfección a la parrilla del modelo original.

Sin embargo, se detectan aspectos a mejorar, ya que al ser una reinterpretación bastante libre se exige equilibrar la fidelidad al modelo base con las necesidades actuales del mercado y el lenguaje de la marca. Los aspectos a revisar y corregir son:

- En el modelo original el lateral no llega a ser tan voluminoso, es decir, hay que llegar a una solución más compacta y moderna.
- Las tendencias de mercado no se satisfacen con este boceto.

Con el siguiente boceto se busca modernizar y proponer un diseño más futurista acorde con las nuevas tendencias, manteniendo aspectos del Stratos.

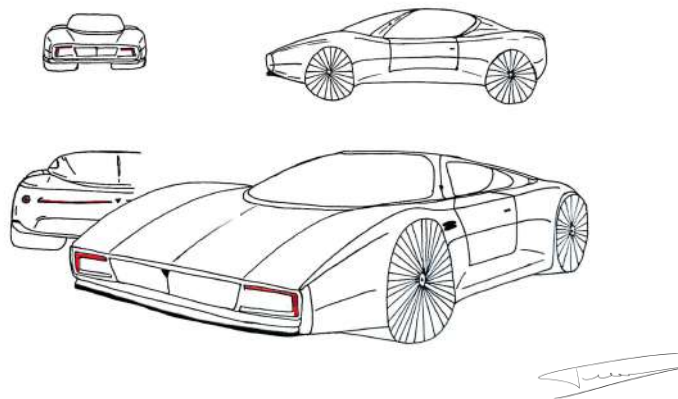


Ilustración 45. Boceto 2.

Este segundo conjunto de vistas, Boceto 2 [Ilustración 45], representa una evolución clara respecto al primer boceto. Se llega a apreciar una mayor definición de volúmenes, se incorporan elementos estéticos para darle ese carácter deportivo al modelo eléctrico.

El diseño transmite una estética retro-futurista, caracterizado por las superficies limpias y trazos rectos combinados con curvas tensas. La carrocería un poco más baja que el anterior boceto, con un frontal plano y horizontal, comunica velocidad, estabilidad y agresividad. El empleo de formas cuadradas para el frontal, y un diseño de faros en estilo de “L” invertida evocan una estética moderna, contrastada con la parte trasera más curva y redondeada. El parabrisas envolvente, fundido con las ventanillas laterales, continúa reforzando la idea de cabina tipo cápsula.

Las características de este diseño que recuerdan al modelo original son por ejemplo la geometría simple y agresiva del frontal, aludiendo a los volúmenes limpios, y el diseño lateral del vehículo, con ópticas horizontales muy marcadas y embebidas en una franja negra, recuerda a algunos concept cars italianos de los 70 y 80, incluido el Stratos. Las contras halladas en este diseño hacen que esta versión ya que la parte frontal sigue siendo demasiado clásica para el año en el que nos encontramos, es por esto que en los próximos bocetos se busca incluir curva en el diseño general.

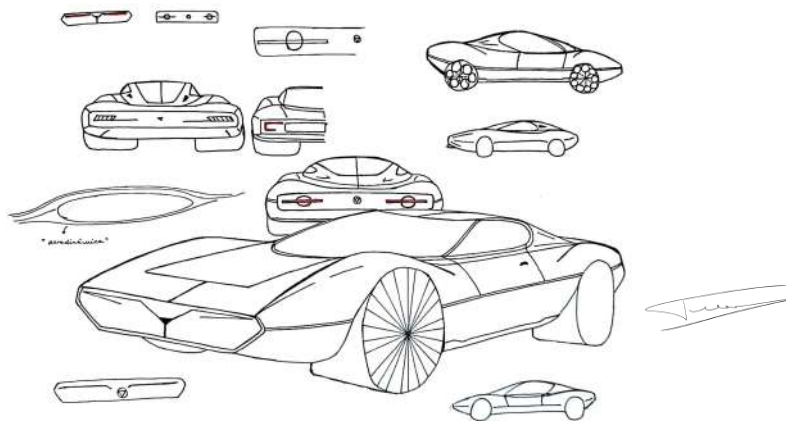


Ilustración 46. Boceto 3.

El Boceto 3 [Ilustración 46] recuerda directamente al Lancia Stratos, con ese frontal plano, bajo y afilado. Las luces delanteras quedan integradas en el frontal, fuera del capó, con tecnología LED. Hay un lenguaje de superficie limpio y horizontal, con un plano muy definido en la línea de cintura. Se eliminan las entradas de aire marcadas del boceto anterior, dando más protagonismo a la forma general del coche.

Con respecto a las visiones de la parte trasera del coche, se empieza a realizar diseño de faros redondos, conservando la estética del original. Una propuesta con doble círculo

encerrado en una franja horizontal recuerda a un enfoque más retro-futurista. En general, todas las propuestas mantienen una horizontalidad clara, que ayuda a ensanchar visualmente el coche desde atrás. Con estos nuevos bocetos se ven claramente diseños más minimalistas, con un diseño de luces en forma de triángulo, haciendo referencia al logo antiguo de la marca.

En cuanto a los aspectos a mejorar, el lateral podría enriquecerse con algún tratamiento de superficie más dinámico, y el difusor o parte baja trasera aún no está del todo trabajada. En conclusión, el boceto muestra una mejoría en cuanto a innovación y estética, logrando un equilibrio entre inspiración retro y lenguaje moderno, con una buena variedad de estudios de firma lumínica y proporciones. A continuación se muestran otras dos versiones, esta vez buscando mejorar el diseño de la parte trasera.

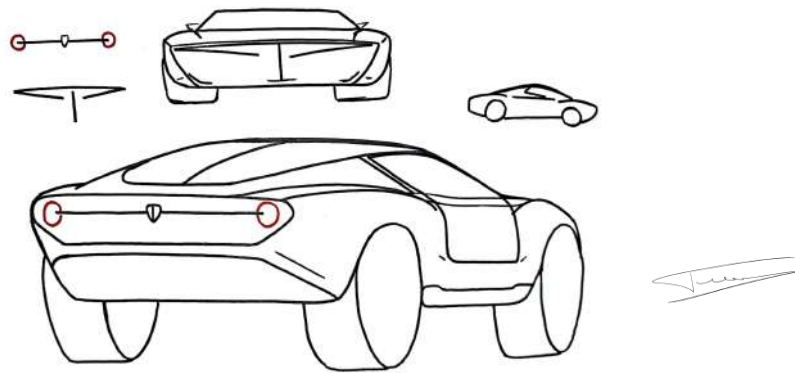


Ilustración 47. Boceto 4.

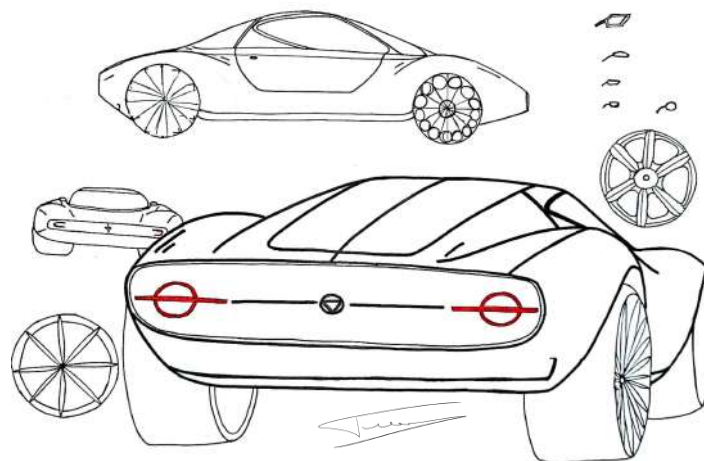


Ilustración 48. Boceto 5.

Con estos bocetos, Boceto 4 y Boceto 5 [Ilustraciones 47 y 48], se busca un diseño más moderno y futurista. El modelo original presenta una parte trasera muy distintiva con unos faros traseros circulares. Es por eso que se busca mantenerlos e innovarlos de una forma original y atractiva. También resaltar como se ha ido diseñando el perfil, manteniendo pasos de rueda exagerados; a su vez desarrollando diseños más curvos y estéticos, característico de los modelos más deportivos y lujosos.

Durante el proceso se identificaron ciertas constantes que guiaron el refinamiento de las propuestas: el uso de una silueta en cuña reinterpretada, la compactación del habitáculo hacia el eje central, y una línea lateral limpia que transmite velocidad incluso en reposo. La perspectiva fue evolucionando hacia superficies más tensas y futuristas, sin renunciar a detalles como el corte angular del pilar C o el voladizo trasero contenido.



Ilustración 49. Boceto 6.

Previo al diseño final, se realizó una nueva propuesta combinando todas las conclusiones de las anteriores. Un diseño innovador, conservando proporciones y esa esencia característica de su antecesor. A continuación se analiza dicho boceto.

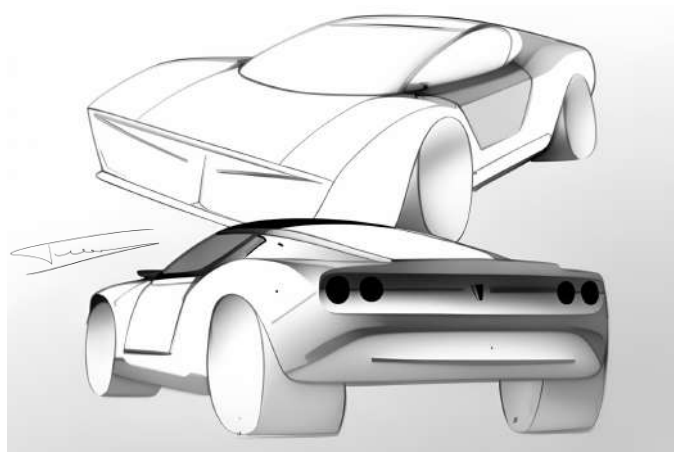


Ilustración 50. Boceto 7.

Este diseño es el más próximo al final, la combinación de los bocetos 6 y 7 [Ilustraciones 49 y 50], ya que tanto la forma como el diseño de los faros y las curvas encajan casi a la perfección con los ideales que se pretenden cumplir y los objetivos de diseño requeridos. Sin embargo, el empleo de faros unilaterales es una tendencia que no se encuentra en auge, en pleno 2025, todas las marcas tratan de unificar los faros mediante un diseño bonito de ver e intentando recrear animaciones OLED con las luces. A pesar de su diseño estético, el frontal tampoco llegaba a convencer lo suficiente; el frontal del modelo original acaba como en forma de pico y el presentado acaba en un plano completamente recto, factor que genera mucho coeficiente de arrastre.

Al ser un modelo con más de 50 años, implica un cambio radical en su diseño, olvidando atrás ese aspecto tan cuadrado que presenta el modelo visto desde arriba, debido a que aerodinámicamente es bastante perjudicial, por lo que un diseño más redondeado en los extremos del vehículo ayuda a que el coeficiente de arrastre sea menor.

Las conclusiones obtenidas del conjunto de bocetos permitieron definir diseño final propio, reconocible, que parte de una base histórica pero se proyecta hacia una visión contemporánea del coche deportivo que responda a los objetivos exigidos y que satisfaga las necesidades del consumidor a la perfección, al igual que se vean incorporados en él las tendencias actuales y futuras.

El boceto final desarrollado [Ilustraciones 51 a 53], es decir, el boceto 8, representa la perfección de un proceso iterativo de exploración formal, conceptual y funcional.

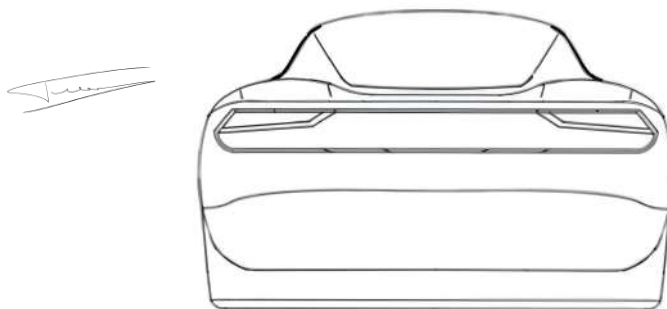


Ilustración 51. Boceto 8, vista trasera.

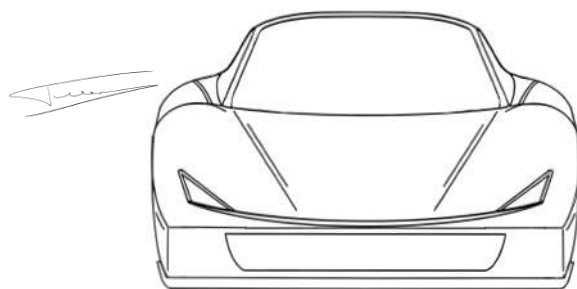


Ilustración 52. Boceto 8, vista frontal.

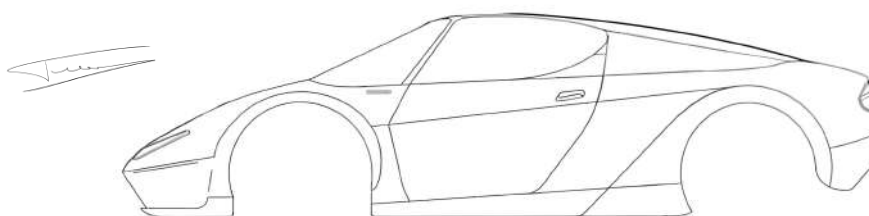


Ilustración 53. Diseño final del Stratos, vista perfil.

El diseño destaca por lograr el equilibrio de forma efectiva entre la herencia estética del modelo original y un rediseño que responde a las expectativas del usuario. Se caracteriza por una silueta baja y afilada, de proporciones compactas, que remite de forma clara a la deportividad radical del Stratos de los años 70.

Las ópticas delanteras y traseras adoptan configuraciones horizontales que refuerzan la sensación de anchura del vehículo, combinando detalles minimalistas con elementos gráficos inspirados en el diseño original. En especial, el diseño de los faros traseros en una banda continua pero siendo semicírculos en los extremos se considera un guiño contemporáneo a los faros traseros del primer Stratos.

8.3 Diseño final seleccionado

Durante la fase de diseño conceptual, se desarrollaron ocho propuestas formales distintas para reinterpretar el Lancia Stratos. Ante la necesidad de seleccionar aquella opción que mejor combine los objetivos del proyecto, se ha optado por utilizar una matriz de decisión Pugh.

En este caso, se han considerado los siguientes criterios de evaluación, los cuales coinciden con los requisitos de diseño:

- Estética general,
- Aerodinámica percibida,
- Fidelidad a la esencia del modelo original,
- Ergonomía exterior (relación con visibilidad, accesos, proporciones),
- Carácter deportivo (proporciones, agresividad formal, dinamismo visual).

Como referencia se ha tomado el Lancia Stratos original de 1973, ya que representa el punto de partida histórico, formal y simbólico sobre el que se construye el rediseño. Cada uno de los ocho bocetos se ha comparado con esta base en función de los criterios citados. A cada criterio se le asigna una valoración relativa al modelo base, que puede expresarse de manera cualitativa (+, 0, -) con el fin de facilitar una interpretación más clara de los resultados. A continuación, se presenta la matriz de evaluación desarrollada:

Concepto / Criterio	Estética	Aerodinámica	Esencia	Ergonomía	Deportividad
Base: Stratos 1973	0	0	0	0	0
Boceto 1	0	-	0	+	-
Boceto 2	+	0	+	0	0
Boceto 3	+	+	+	0	0
Boceto 4	+	-	-	+	0
Boceto 5	+	-	-	+	0
Boceto 6	+	+	-	0	+
Boceto 7	+	-	-	+	+
Boceto 8	+	+	+	+	+

Tabla 4. Matriz Pugh.

El boceto 8 ha sido escogido como base para el desarrollo del modelo digital en 3D, por ser el que mejor responde al conjunto de necesidades detectadas: emocionales, estéticas, funcionales y estratégicas .

En términos funcionales, el boceto 8 tiene en cuenta factores aerodinámicos mediante superficies suaves y una altura reducida, sin recurrir a soluciones invasivas. El lenguaje visual, por tanto, logra transmitir velocidad, pureza y contundencia, valores asociados tanto al coche de rally original como al perfil del nuevo público objetivo, los apasionados por los coches deportivos de diseño con identidad propia.

No obstante, se debe subrayar que, aunque se considere el diseño final seleccionado, su función principal es la de servir como referencia para el modelado tridimensional, etapa en la que se seguirán puliendo proporciones, detalles técnicos y soluciones de superficie. El objetivo será encontrar el mejor resultado posible a nivel formal y técnico, permitiendo que el coche adquiriera mayor coherencia visual y viabilidad proyectual conforme se materializa en volumen.

9. Modelado de la carrocería

9.1 Flujo de trabajo y etapas del modelado 3D

El proceso de modelado tridimensional del vehículo implicó una metodología organizada y coherente, dividida en distintas fases que permitieron pasar de referencias visuales 2D a una representación tridimensional completa y detallada, incluyendo la carrocería, las llantas y los neumáticos.

El punto de partida fue la importación de bocetos de diseño desarrollados previamente en papel [Ilustración 54], colocados como planos de referencia en Blender 3.6.5, en vistas frontal, lateral y trasera. Estas imágenes sirvieron como guía visual para el trazado de las proporciones del modelo, asegurando coherencia entre las diferentes vistas.



Ilustración 54. Colocación de los planos de referencia.

Antes de abordar la carrocería, se procedió al modelado de las llantas, en concreto las llantas Enkei RPF1 de 18", definidos con un perfil realista y medidas coherentes con las proporciones del vehículo; así mismo se modelaron los neumáticos, teniendo de referencia los neumáticos Michelin Pilot Sport Cup 2 de 18". Para estos elementos se emplearon técnicas de modelado poligonal de precisión, cuidando especialmente los detalles de radios, garganta y borde del neumático.

Modelado llanta Enkei RPF1 [Ilustraciones 55 a 57]

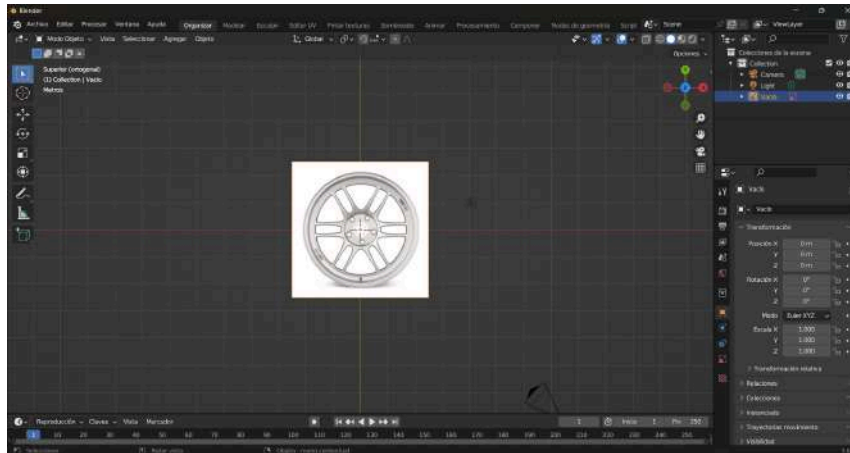


Ilustración 55. Plano referencia modelado de la llanta.

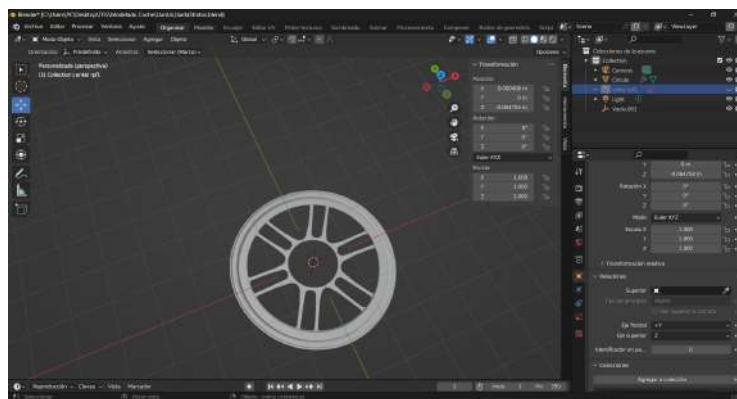


Ilustración 56. Proceso de modelado de la llanta.

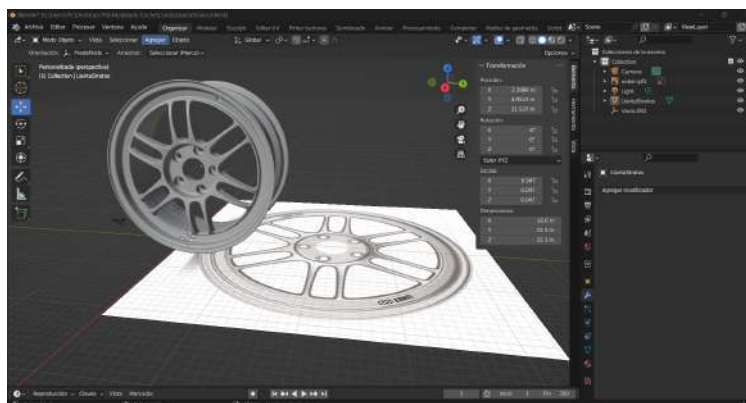


Ilustración 57. Modelo 3D final de la llanta.

Modelado neumático Michelin Pilot Sport Cup 2 [Ilustración 58 a 60]

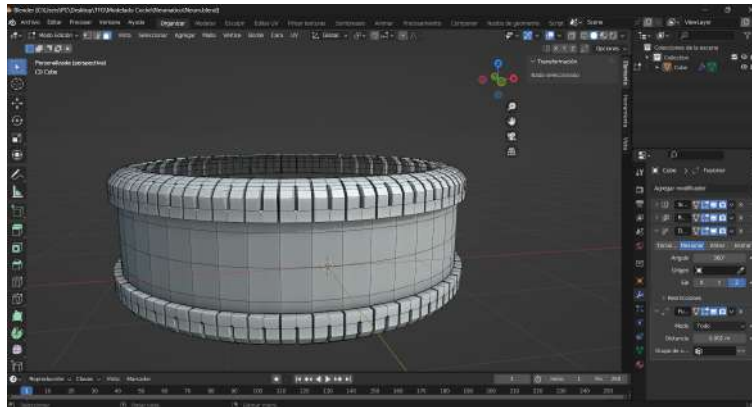


Ilustración 58. Proceso de modelado 3D del neumático 1.

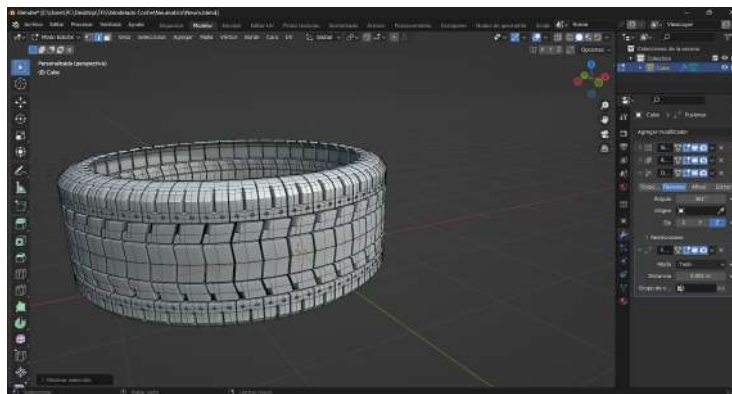


Ilustración 59. Proceso de modelado 3D del neumático 2.

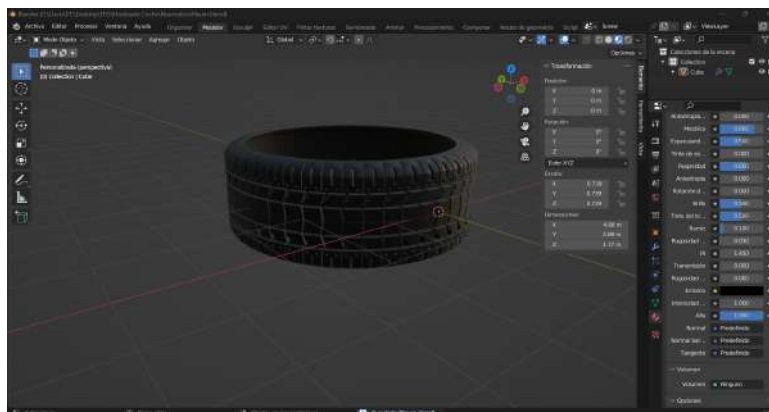


Ilustración 60. Modelo 3D final del neumático.

Modelado nueva carrocería Lancia Stratos

Se utilizó el modificador Subdivision Surface para generar superficies limpias, suaves y continuas. Se cuidó especialmente la topología de la malla para que fuera simétrica, eficiente y sin errores, lo que permitió mayor fluidez en la edición. En esta etapa se definieron con mayor precisión los bordes, entradas de aire, unión de superficies, curvaturas y zonas críticas como el frontal y la zaga.

Con el modificador Mirror, se optimizó el flujo de trabajo al modelar sólo una mitad del vehículo. Se realizaron numerosos refinamientos para lograr una apariencia fluida y estilizada, propia de un coche deportivo, sin sacrificar viabilidad estructural.



Ilustración 61. Proceso de modelado 3D de la carrocería 1.

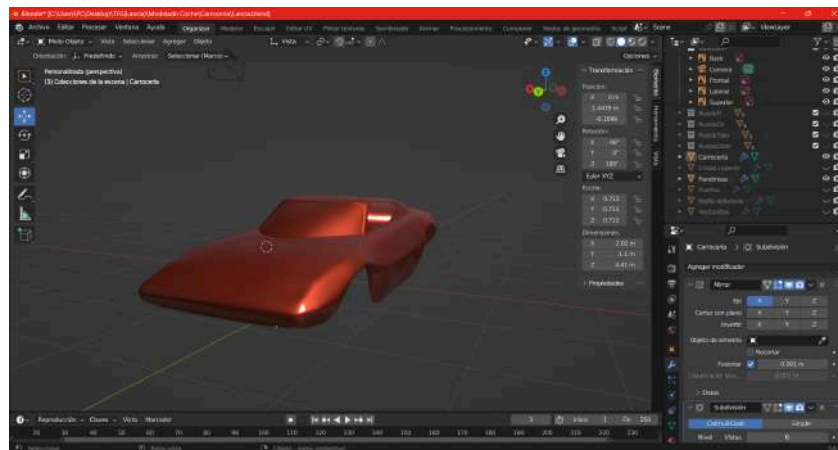


Ilustración 62. Proceso de modelado 3D de la carrocería 2.

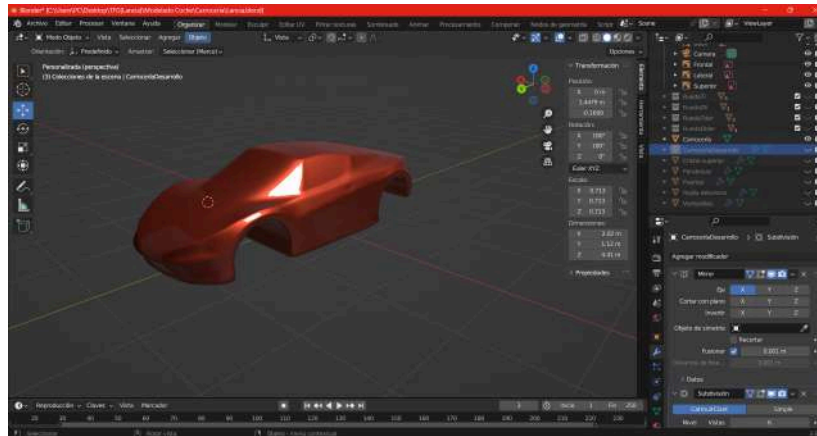


Ilustración 63. Proceso de modelado 3D de la carrocería 3.

Durante el proceso de modelado de la carrocería [Ilustraciones 61 a 63], se llegó a un punto crítico en el que el diseño inicial, a pesar de haber sido desarrollado con mucho esfuerzo, no refleja completamente la visión estética y funcional que se había planteado en las fases preliminares. Aunque el modelo estaba estructuralmente correcto y seguía las referencias iniciales, se observó que no alcanzaba la fluidez y el dinamismo que se deseaba para una carrocería de un coche deportivo como el rediseño del Lancia Stratos. Las curvas no se sentían tan fluidas como se había anticipado, y la armonía visual entre los diferentes elementos de la carrocería (como el capó, las aletas y las líneas laterales) no era la adecuada.

El proceso de reinterpretación [Ilustraciones 64 a 73] comenzó con la identificación de los puntos débiles en el modelo anterior: las proporciones de la carrocería no se alineaban perfectamente con la estética deportiva. Se comenzaron a suavizar las transiciones entre las superficies, eliminando ángulos duros y buscando una transición más natural entre las partes.

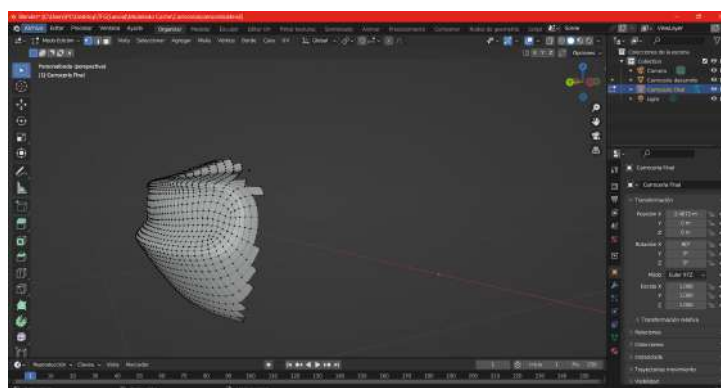


Ilustración 64. Proceso de modelado 3D de la carrocería 4.

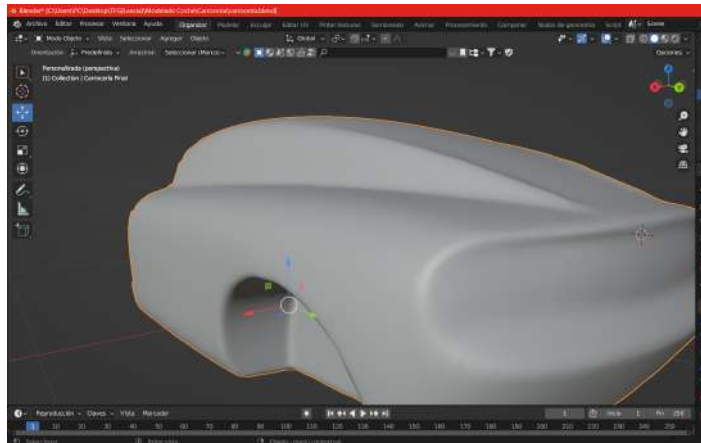


Ilustración 65. Proceso de modelado 3D de la carrocería 5.

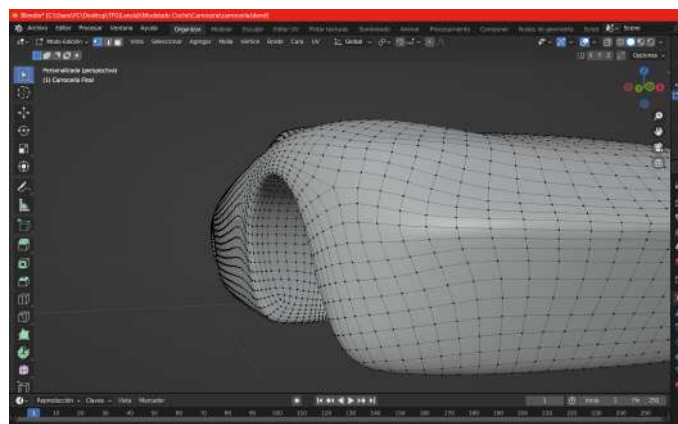


Ilustración 66. Proceso de modelado 3D de la carrocería 6.

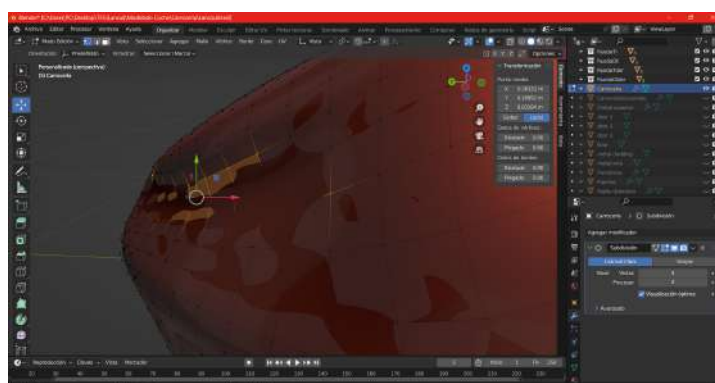


Ilustración 67. Proceso de modelado 3D de la carrocería 7.

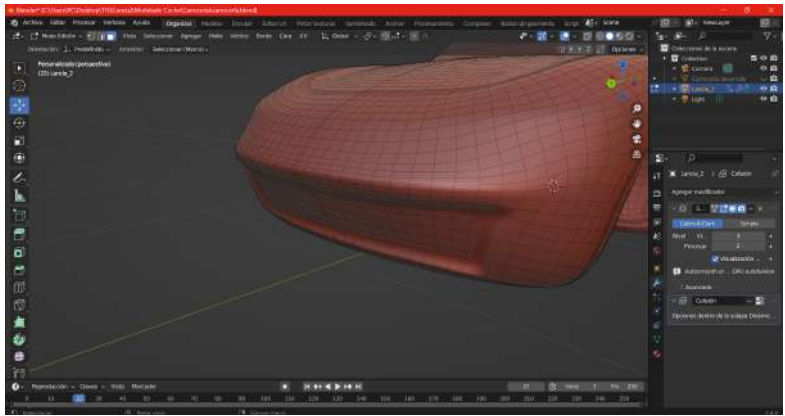


Ilustración 68. Proceso de modelado 3D de la carrocería 8.

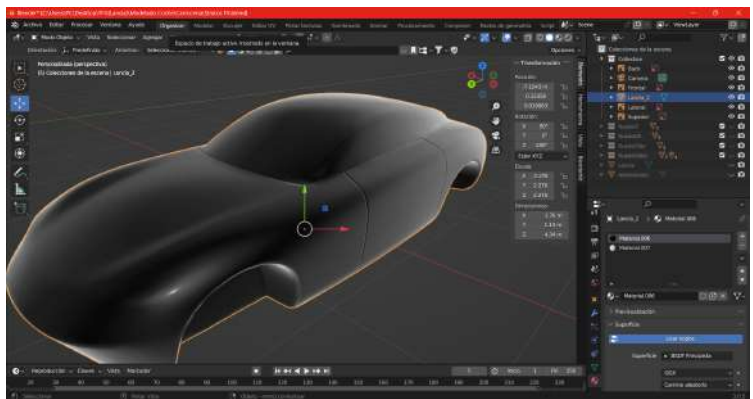


Ilustración 69. Proceso de modelado 3D de la carrocería 9.



Ilustración 70. Comparación carrocería diseñada con modelo original.

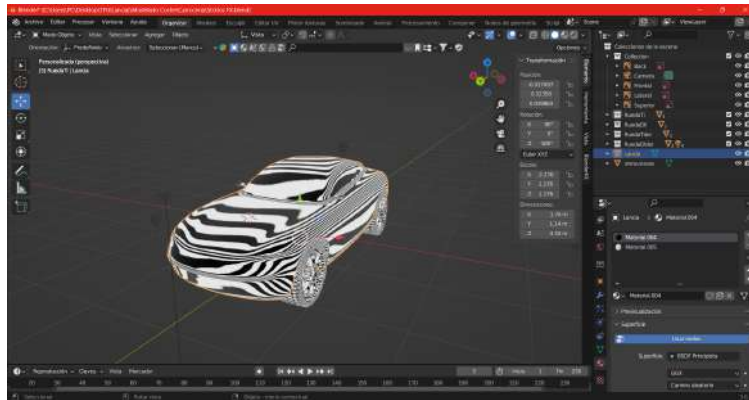


Ilustración 71. Comprobación de irregularidades.



Ilustración 72. Modelado faros delanteros.



Ilustración 73. Modelado parte trasera y faros traseros.

El reajuste ha conseguido llegar a una evolución más refinada del diseño, lo que permitió que la carrocería ganase en elegancia, agresividad y, sobre todo, en optimización aerodinámica. Durante este proceso, se hizo un análisis más profundo de

las proporciones, aplicando herramientas como las proporciones áureas para asegurar que el vehículo no solo tuviera un diseño atractivo, sino también una estética visualmente equilibrada.

Gracias a esta reinterpretación, el nuevo modelo 3D, aunque basado en la estructura del anterior, mejoró sustancialmente en términos de proporciones y continuidad de las superficies. Este cambio de enfoque permitió que la carrocería resultante fuera no solo una representación estilística de un coche deportivo, sino una pieza que, además de ser atractiva, tiene una mayor coherencia funcional con los requerimientos aerodinámicos y estructurales del diseño.

9.2 Validación formal del modelo mediante proporciones áureas

Una vez desarrollado el modelo 3D definitivo de la carrocería, se llevó a cabo una validación visual basada en el uso de proporciones áureas, con el objetivo de garantizar que las formas del vehículo respondieron a criterios clásicos de equilibrio y armonía estética.

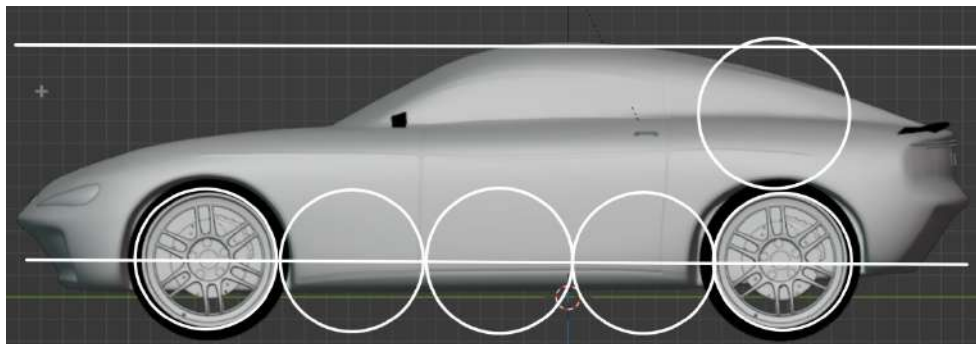


Ilustración 74. Validación distancia de ejes y altura.

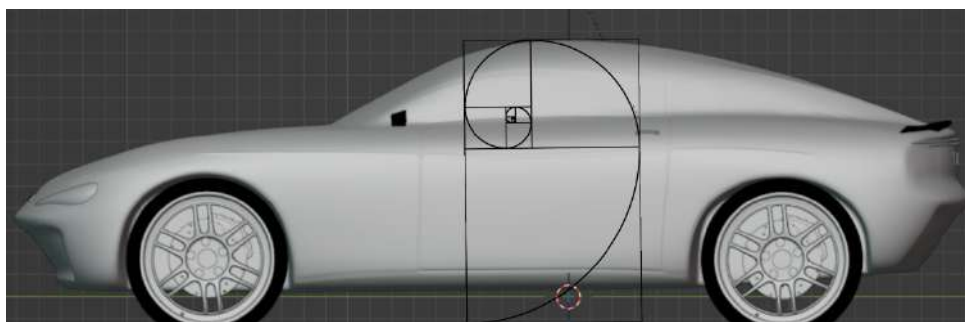


Ilustración 75. Proporción áurea perfil 1.

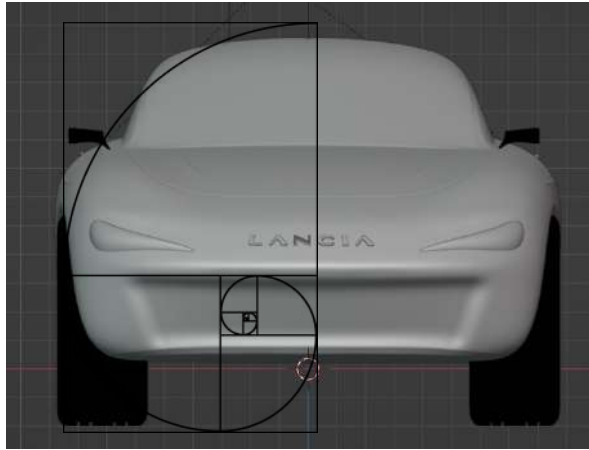


Ilustración 76. Proporción áurea frontal.

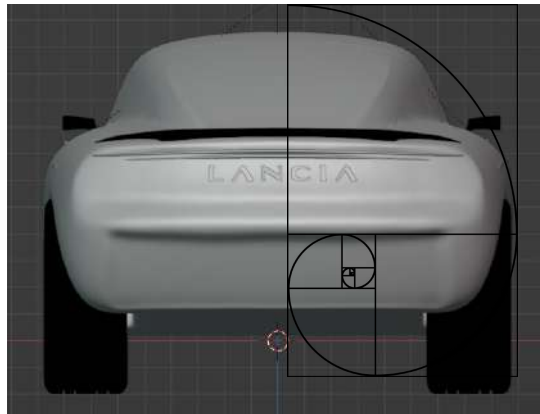


Ilustración 77. Proporción áurea trasera.

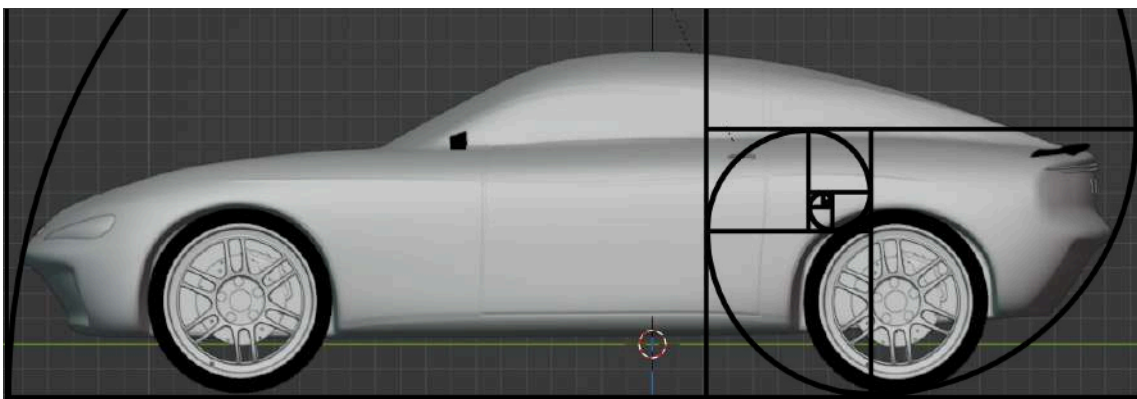


Ilustración 78. Proporción áurea perfil 2.

Durante esta fase, se superpusieron rectángulos áureos sobre imágenes laterales, frontales y superiores del modelo 3D del vehículo [Ilustraciones 74 a 78]. La comparación permitió evaluar relaciones clave como:

- La proporción entre la altura y la longitud total del vehículo.
- La posición de los elementos principales del diseño, como los faros delanteros, o el tamaño y ubicación de las ventanillas.
- La proporción entre los elementos de la parte trasera, buscando que estas zonas respondieran a la clásica distribución 1:1,618, siempre que fuera compatible con el diseño funcional.

En la vista lateral, se observó una correspondencia notable entre el inicio de la carrocería y el final de la misma, ajustándose al punto áureo del largo total del vehículo. Asimismo, la proporción entre el eje delantero y el eje trasero respecto al total también se aproxima a esta relación, aportando equilibrio a la silueta del coche.

En la vista frontal, las proporciones entre la altura del frontal y el ancho del coche también se alinean con relaciones áureas, especialmente en la ubicación de los faros respecto al centro vertical del vehículo.

El análisis demostró que el modelo desarrollado naturalmente tiende a acercarse a proporciones áureas en los elementos clave de su estructura y distribución visual. Esto es indicativo de un diseño coherente y estéticamente sólido, que responde a principios clásicos de belleza visual, incluso desde una perspectiva contemporánea y funcional.

Esta validación no tiene valor técnico en cuanto a normativa o ingeniería, pero constituye una herramienta relevante para garantizar la calidad visual del modelo final, aportando una dimensión adicional de refinamiento al diseño.

10. Viabilidad Técnica y Económica

Desarrollado el diseño de la nueva carrocería del Lancia Stratos y teniendo en cuenta los materiales que la componen, se realiza a continuación un análisis a nivel técnico y económico. El diseño ha de ser viable desde un punto de vista industrial, ajustándose a unos márgenes razonables de coste, debe ofrecer soluciones ergonómicas adecuadas al usuario final y responder eficazmente a los requerimientos dinámicos, estructurales y medioambientales.

10.1 Análisis de costes

Con el objetivo de evaluar la viabilidad real del rediseño del Lancia Stratos, se realiza un análisis de costes tomando como referencia las distintas fases y etapas que conforman el proceso de desarrollo de un vehículo deportivo, desde la concepción inicial hasta producción [Anexo 4], que contempla tanto los costes asociados a su desarrollo y producción, como el precio estimado de comercialización. Este análisis se centra en una serie limitada de 400 unidades, replicando el carácter exclusivo del modelo original.

Características generales de la carrocería diseñada:

Longitud	4.3 m
Anchura	1.8 m
Altura	1.3 m
Distancia entre ejes (estimada)	2.4 m
Tipo de carrocería	Aluminio
Chasis	Monocasco de aluminio reforzado (tipo deportivo)

Tabla 5. Características generales de la nueva carrocería.

Costes de desarrollo:

Actividad	Empleados	Duración de la actividad	Coste directo	Coste indirecto	Coste Total
1. Diseño conceptual inicial	4 diseñadores	3 meses	25.000€	10.000€	35.000€
2. Modelado 3D de estilo (CAS)	3 modeladores	2 meses	20.000€	8.000€	28.000€
3. Superficies Clase A (CAD)	4 especialistas CAD	4 meses	50.000€	15.000€	65.000€
4. Layout técnico general	2 ingenieros	2 meses	15.000€	5.000€	20.000€
5. Simulaciones (CFD, FEM, crash)	6 ingenieros CAE	4–6 meses	100.000€	25.000€	125.000€
6. Modelo de arcilla 1:1	4 modeladores + estructura	2 meses	35.000€	10.000€	45.000€
7. Prototipos físicos (5 unidades)	12 técnicos + ingenieros	6–9 meses	350.000€	70.000€	420.000€
8. Coordinación / gestión de proyecto	2 jefes de proyecto	Todo el desarrollo	50.000€	10.000€	60.000€
Coste Total Fase Desarrollo					798.000€

Tabla 6. Costes de desarrollo.

Costes de motorización y elementos mecánicos:

Componente	Precio unidad (€)	Cantidad/unidad	Total unidades	Coste total (€)
1. Motor eléctrico Stellantis M4+	4.000	1	400	1.600.000
2. Suspensión (kit deportivo ajustable, e.g. KW/Brembo)	2.500	1	400	1.000.000
3. Frenos (discos + pinzas Brembo)	3.000	1 sistema	400	1.200.000
4. Llantas Enkei RPF1 (18") – set 4	1.200	1 set	400	480.000
5. Neumáticos Michelin Pilot Sport Cup 2 (18") – set 4	800	1 set	400	320.000
6. Otros (dirección, transmisión, refrigeración, cables)	1.500	1	400	600.000
Total estimado general				5.200.000 (13.000 €/coche)

Tabla 7. Costes componentes mecánicos.

Costes de fabricación y ensamblaje:

Categoría	Detalle/Notas	Coste por coche (€)	Coste total (400 uds) (€)
1. Materiales estructurales (aluminio)	Aluminio 6061-T6 (550–700 kg/coche) a ~5 €/kg	3.250	1.300.000
2. Conformado y estampado de aluminio	Matrices, utillajes, prensas	1.000	400.000
3. Soldadura y ensamblaje estructural	Robots MIG/TIG, líneas automáticas, consumibles	750	300.000
4. Maquinaria y amortización equipos	CNC, prensas, utillajes	1.500	600.000

5. Mano de obra directa (producción)	Ensamblaje, soldadura, montaje carrocería (50 h a 35 €/h)	1.750	700.000
6. Mano de obra indirecta	Supervisión, control calidad, logística interna	500	200.000
7. Pintura y acabado de carrocería	Pintura de alta gama, cabina, consumibles	1.000	400.000
8. Instalaciones generales (energía, clima, etc.)	Costes eléctricos, aire comprimido, mantenimiento	300	120.000
9. Costes de montaje general	Integración de componentes mecánicos y eléctricos	1.200	480.000
10. Costes de QA/test final por unidad	Ensayos funcionales y estáticos	300	120.000
Total fabricación + ensamblaje		11.550	4.620.000

Tabla 8. Costes de fabricación y producción.

Costes extras:

Categoría	Total (€)
1. Homologación y certificaciones	800.000
2. Logística de componentes	240.000
3. Almacenaje e inventario	160.000
4. Marketing y branding inicial	200 000
5. Garantías y postventa (provisión)	160.000
Total Costes	1.360.000

Tabla 9. Costes extras del vehículo.

Costes totales:

Concepto	Coste total (400 uds) (€)	Coste total (1 ud) (€)
1. I+D y desarrollo técnico	798.000	1.995
2. Componentes mecánicos	5.200.000	13.000
3. Fabricación y ensamblaje	4.620.000	11.550
4. Costes extras	1.360.000	3.400
5. Margen industrial (15% sobre subtotal)	1.796.700	4.492
6. Subtotal sin IVA	11.978.000	34.437
7. IVA (21%)	2.515.380	7.232
TOTAL CON IVA	16.290.080	41.669

Tabla 10. Costes desarrollo completo.

Este estudio de costes demuestra que es técnicamente viable la producción de una serie limitada del nuevo Lancia Stratos moderno. La elección de un diseño exterior impactante, materiales ligeros y motorización eléctrica posiciona al modelo como un vehículo aspiracional de alto rendimiento. La estrategia de producción limitada, unida a una política de precio premium, permitiría asegurar la rentabilidad del proyecto. El coste final estimado de producción por unidad asciende a 41.669€.

Para garantizar la viabilidad económica del proyecto, incluyendo marketing, transporte, márgenes de distribución, garantía y beneficios para la marca, se establece un precio de mercado de 54.990 € (IVA incluido), consiguiendo así en una producción limitada de este modelo un margen de beneficio de 13.321 €, y el beneficio total estimado para las 400 unidades sería de 5.328.400 €. Con este precio base de mercado, el umbral de rentabilidad estaría situado las 85 unidades vendidas, es decir, a partir de la unidad 86, Lancia ya estaría generando beneficio propio.

No obstante, el diseño, desarrollo y fabricación del interior del vehículo —que incluye asientos, salpicadero, sistema de infoentretenimiento, climatización, materiales de acabado, sistemas acústicos y de confort— no ha sido contemplado en este estudio, dado que su inclusión queda fuera del alcance de este Trabajo de Fin de Grado (TFG).

Por tanto, el precio de mercado fijado en 54.990 € (IVA incluido) representa una base estimada sobre el producto incompleto, reflejando únicamente los costes de desarrollo, homologación, fabricación, ensamblaje y comercialización de la parte estructural y técnica del vehículo.

10.2 Estudio Ergonómico

La carrocería del nuevo Lancia Stratos requiere una validación ergonómica básica centrada en la accesibilidad exterior y la interacción del usuario con la envolvente del coche, en especial con el sistema de puertas y parabrisas. En este sentido, se ha desarrollado un estudio ergonómico parcial, con el objetivo de verificar que las modificaciones introducidas en el rediseño cumplen con los parámetros de accesibilidad y seguridad establecidos por la normativa vigente.

Este estudio se basa específicamente en los requisitos definidos por la normativa UNECE R11, la ISO 10399 y otros reglamentos citados previamente en el apartado "Regulaciones". A continuación, se detallan los principales puntos evaluados:

Altura de la manilla de la puerta

La manilla debe colocarse aproximadamente entre los 80–90 cm sobre el suelo del vehículo, para ajustarse tanto al percentil 5 % femenino como al 95 % masculino, con el fin de permitir un accionamiento cómodo para la mayoría de los usuarios adultos. En el modelo desarrollado, la manilla ha sido posicionada a una altura de 920 mm, lo cual se encuentra dentro del rango permitido y proporciona un equilibrio ergonómico adecuado, teniendo en cuenta la postura natural del brazo.

Altura del umbral de entrada

La altura del umbral afecta directamente al esfuerzo necesario para acceder al vehículo. Según la ISO 10399, el valor recomendado para vehículos deportivos o de acceso bajo se encuentra entre 350 mm y 500 mm. En el nuevo diseño, el umbral se encuentra a una altura de 450 mm, permitiendo un acceso razonable para un vehículo de estas características, sin comprometer la rigidez estructural ni el estilo estético bajo característico del modelo.

Ángulo de apertura de puertas

Aunque el diseño exterior mantiene la proporción de puerta original del Lancia Stratos, el ángulo de apertura se ha ajustado ligeramente para facilitar la entrada. La normativa europea establece un ángulo mínimo de 45° para permitir un acceso funcional. En este caso, se ha mantenido un ángulo de apertura estimado en 60°, lo que garantiza una entrada cómoda incluso en espacios de aparcamiento urbanos.

Dimensiones del hueco de entrada

El hueco disponible para el acceso, definido por la anchura y altura libre de la abertura de la puerta, es un factor crucial. La ISO 10399 sugiere valores mínimos de 700 mm de ancho por 1.000 mm de alto en turismos deportivos. En el rediseño actual, las dimensiones del vano de puerta han sido verificadas mediante el modelado 3D, obteniendo valores aproximados de 740 mm de ancho por 1.030 mm de alto, lo que asegura una accesibilidad adecuada sin comprometer la línea de diseño.

Visibilidad del entorno y ergonomía visual

Si bien el análisis ergonómico visual entra parcialmente en el ámbito del habitáculo, se ha tenido en cuenta la posición, inclinación y dimensiones del parabrisas y ventanillas laterales. La conformación del nuevo parabrisas respeta los requisitos de visibilidad frontal establecidos por la ISO 3795, asegurando un campo de visión vertical mínimo de 11° hacia abajo y 28° hacia arriba desde el punto de referencia ocular del conductor (H-point), lo cual es compatible con los criterios de homologación.

En conjunto, estos aspectos confirman que el diseño de la carrocería del nuevo Lancia Stratos se ha desarrollado respetando criterios ergonómicos aplicables a su categoría, manteniendo un equilibrio entre deportividad, funcionalidad y cumplimiento normativo. La validación ergonómica exterior es coherente con los estándares técnicos actuales y permite asegurar una experiencia de acceso adecuada para el usuario, sin necesidad de rediseñar el interior del vehículo, ya que el alcance del trabajo se limita a la carrocería.

10.3 Análisis CFD de la nueva carrocería

Con el objetivo de evaluar el comportamiento aerodinámico del rediseño del Lancia Stratos, se ha realizado una simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD) sobre la nueva carrocería. Esta simulación, llevada a cabo mediante SolidWorks Flow Simulation, permite identificar las zonas de alta y baja presión, analizar las trayectorias del flujo de aire y calcular el coeficiente de resistencia aerodinámica (Cd).

El modelo 3D fue inicialmente desarrollado en Blender, por lo que fue necesario realizar un postprocesado en FreeCAD para convertir la malla superficial en un sólido apto para el análisis en SolidWorks [Ilustraciones 79 a 81]. La simulación se ha centrado únicamente en la carrocería, sin incluir las ruedas ni otros elementos mecánicos, pero sí incorporando las superficies acristaladas principales para reflejar un flujo más realista.

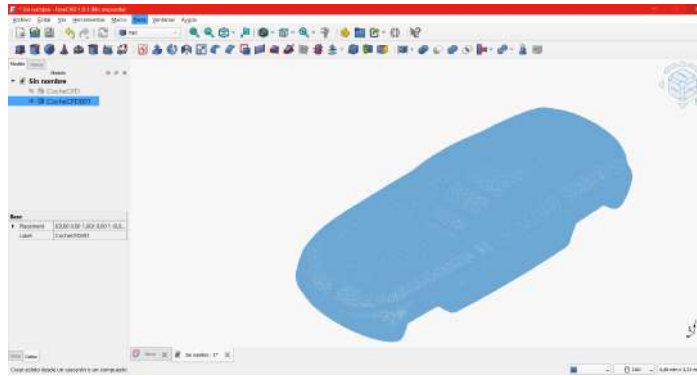


Ilustración 79. Conversión de malla a sólido 1.

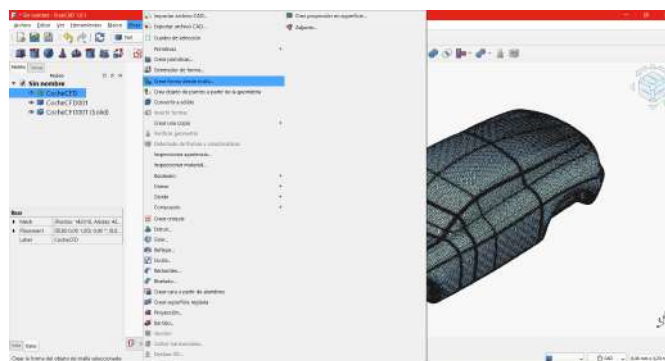


Ilustración 80. Conversión de malla a sólido 2.

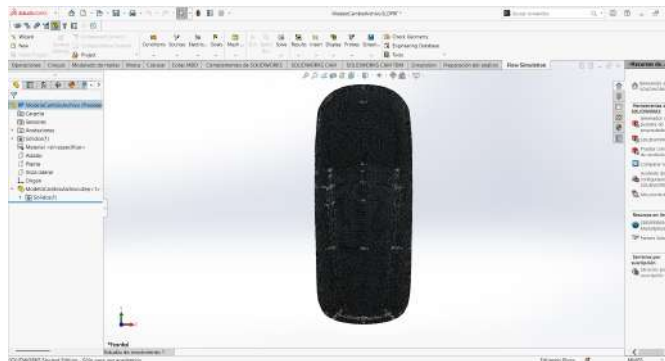


Ilustración 81. Sólido listo para simulación CFD.

La simulación considera un flujo de aire frontal constante a 30 m/s (aproximadamente 108 km/h), correspondiente a velocidades medias de circulación.

El coeficiente de arrastre (C_d) del nuevo diseño se sitúa en 0,26, una cifra muy baja que pone de manifiesto la optimización de las líneas y volúmenes exteriores. Este valor es significativamente más bajo que el estimado para el modelo original del Lancia Stratos,

cuyo diseño abrupto y corto, con superficies planas y ángulos marcados, generaba mayores turbulencias y un C_d más elevado, alrededor de 0,40 según Wikipedia.

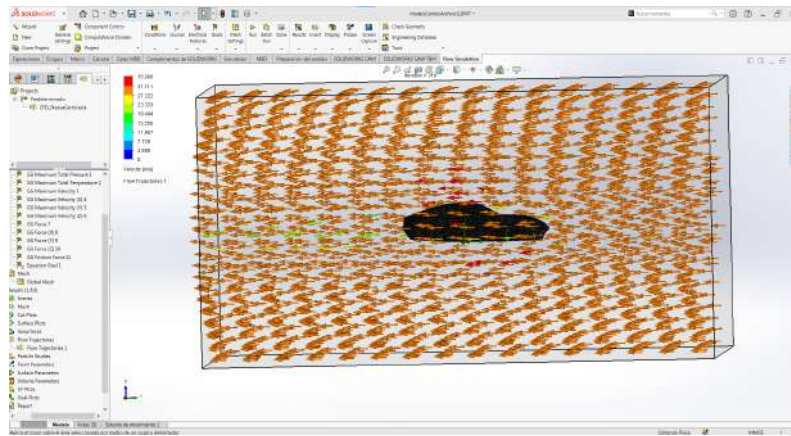


Ilustración 82. Resultado CFD nueva carrocería 1.

En esta visualización [Ilustración 82] se representan las velocidades sobre la superficie de la carrocería. Se aprecia una distribución muy uniforme del flujo de aire en la zona frontal, lo que indica una correcta canalización aerodinámica. La forma curvada y estilizada del capó favorece la reducción del área frontal efectiva y, por tanto, minimiza la resistencia inicial al avance.

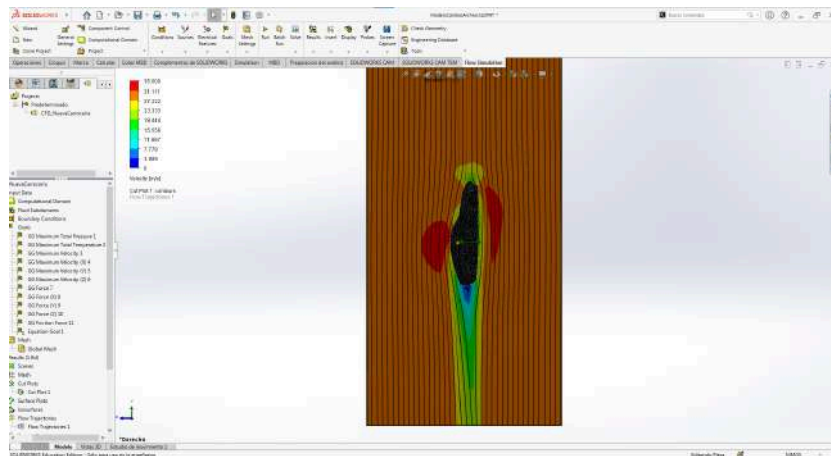


Ilustración 83. Resultado CFD nueva carrocería 2.

En la parte trasera [Ilustración 83], se observa una zona de bajas velocidades (coloreada en tonos azules oscuros), que corresponde al área de estela donde el flujo se separa del vehículo. Sin embargo, esta estela es mucho más contenida que en el modelo original del Stratos, que presentaba una zaga muy abrupta y corta, con una caída vertical casi inmediata tras el techo. Gracias al nuevo diseño, la separación del flujo se produce de

forma más gradual, reduciendo significativamente las pérdidas energéticas asociadas a la turbulencia.

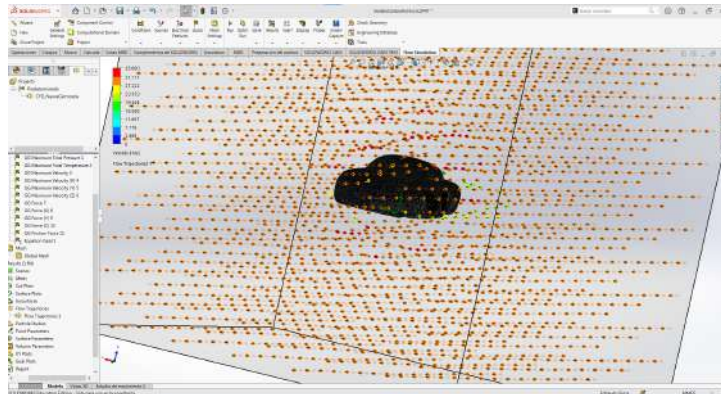


Ilustración 84. Resultado CFD nueva carrocería 3.

En la Ilustración 84 se aprecia una fluidez clara del flujo en la parte frontal y a lo largo de los laterales. Las trayectorias apenas se desvían, lo cual indica una forma muy aerodinámica que permite al aire "envolver" el vehículo con mínimas interferencias. Este comportamiento contrasta con el del Stratos original, en el que el parabrisas vertical, los pasos de rueda sobredimensionados y el techo en forma de cuña generaban flujos más irregulares y zonas de separación prematura.

El análisis confirma que el rediseño presenta una carrocería muchísimo más aerodinámica que la del Lancia Stratos original, tanto por su silueta fluida como por la gestión más eficiente de la estela trasera. Esto se traduce no solo en una menor resistencia al avance y mayor eficiencia energética, sino también en una mayor estabilidad dinámica del vehículo. A continuación se muestra la tabla 11 comparando los resultados tanto del modelo original como del diseño creado.

Aspecto	Stratos original (1973)	Rediseño actual	Mejora observada
Coefficiente de resistencia (Cd)	0,42 (calculado por CFD)	0,26 (calculado por CFD)	Reducción del 33% en resistencia aerodinámica
Flujo sobre la carrocería	Turbulento, con zonas de separación temprana	Fluido y laminar en la mayoría de superficies	Mejor canalización del aire
Estela trasera	Amplia y desordenada	Estrecha y controlada	Menores pérdidas por turbulencia
Forma general	Corto, abrupto, líneas angulosas	Alargado, curvo, transición suave	Siluetta optimizada para el flujo de aire
Ángulo del parabrisas	Muy vertical	Muy inclinado	Menor resistencia frontal
Paso del aire por los laterales	Interrumpido por pasos de rueda	Continuo y suave	Reducción de interferencias laterales
Estabilidad dinámica esperada	Menor, especialmente a alta velocidad	Mayor, gracias al mejor control del flujo	Mejor adherencia y comportamiento

Tabla 11. Comparación aerodinámica de las carrocerías.

El descenso del coeficiente de arrastre de 0,42 a 0,26, junto con una silueta más fluida, aporta ventajas clave en eficiencia, estabilidad y comportamiento dinámico, haciendo que este nuevo concepto sea mucho más adecuado para las exigencias de conducción contemporáneas. Esta mejora no solo optimiza el rendimiento dinámico del vehículo, especialmente a altas velocidades, sino que también repercute positivamente en aspectos clave como el consumo energético, la estabilidad direccional y la eficacia en curvas, al generar un flujo de aire más limpio y controlado alrededor de la carrocería.

11. Visión final del rediseño

Los siguientes renders muestran con claridad la evolución del diseño, plasmando una propuesta que respeta el legado del modelo original, pero lo adapta a los estándares actuales de proporción, aerodinámica y lenguaje formal. Este modelo no solo pretende ser una reinterpretación moderna del Lancia Stratos, sino también una pieza sólida en términos de coherencia conceptual y viabilidad técnica.



Ilustración 85. Nuevo Lancia Stratos, vista trasera 1.



Ilustración 86. Nuevo Lancia Stratos, vista frontal 1.



Ilustración 87. Nuevo Lancia Stratos, render en garaje 1.



Ilustración 88. Nuevo Lancia Stratos, render en garaje 2.



Ilustración 89. Nuevo Lancia Stratos, vista trasera 2.



Ilustración 90. Nuevo Lancia Stratos, vista frontal 2.

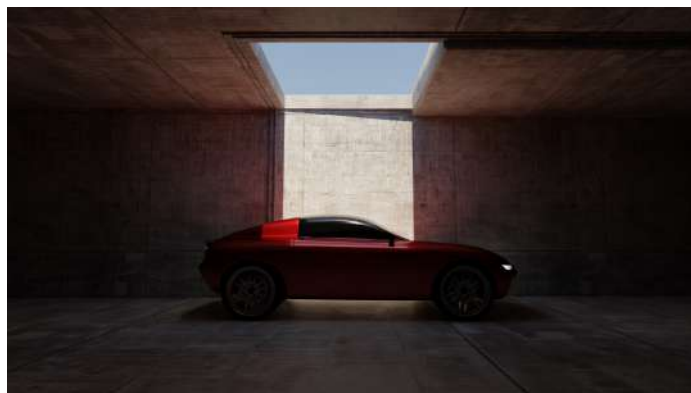


Ilustración 91. Nuevo Lancia Stratos, vista perfil 1.



Ilustración 92. Nuevo Lancia Stratos, vista perfil 2.



Ilustración 93. Nuevo Lancia Stratos en la carretera.



Ilustración 94. Faros delanteros 1 Nuevo Stratos.



Ilustración 95. Faros delanteros Nuevo Stratos.



Ilustración 96. Nuevo Lancia Stratos, vista trasera 3.



Ilustración 97. Faros traseros Nuevo Stratos.

12. Conclusiones

El desarrollo del presente proyecto ha culminado con éxito en la definición de un rediseño coherente y fundamentado del Lancia Stratos, cumpliendo con los objetivos marcados desde las fases iniciales del trabajo. A lo largo de todo el proceso se ha buscado no solo ofrecer una propuesta formalmente atractiva, sino también técnicamente viable, funcional y alineada con los valores actuales de la industria automotriz.

El resultado final refleja una reinterpretación respetuosa de la identidad del modelo original de 1973, preservando su esencia visual y emocional, pero adaptándola a un contexto contemporáneo a través del uso de nuevas tecnologías, materiales ligeros y una motorización eléctrica.

En definitiva, el proyecto ha logrado materializar un vehículo que no solo honra la herencia del Lancia Stratos, sino que lo proyecta hacia el futuro, cumpliendo con las metas planteadas al inicio y cerrando el trabajo con una propuesta sólida, realista y cargada de intención.

Graduado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

Francisco Froján García



Málaga 20 de junio de 2025



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESTUDIO Y REDISEÑO DEL MODELO AUTOMOVILÍSTICO LANCIA STRATOS

LANCIA

Anexos

Autor: Francisco Froján García

Tutor: Noelia Marzal Peña

Anexo 1: Estructura modelo original

El Stratos original cuenta con una célula central [Ilustración 98] autosuficiente fabricada en acero prensado, plegado y conformado en forma de cajas, creando un monocasco rígido. Esta célula central se extiende hacia la parte delantera mediante largueros de acero que soportaban la suspensión y otros componentes como el conjunto del tren delantero y el radiador, y hacia la parte trasera mediante un subchasis tubular de sección rectangular que alojaba el motor y la caja de cambios.



Ilustración 98. Chasis tubular del Lancia Stratos.

Una de las principales fortalezas de esta arquitectura era la rigidez estructural. Al tratarse de una estructura central robusta, con geometría de secciones cerradas y una jaula de seguridad integrada, el Stratos conseguía una buena resistencia torsional. Este aspecto es esencial en los rallies, donde las fuerzas a las que se ve sometido el chasis varían constantemente y provienen de superficies irregulares, saltos, giros cerrados o frenadas en terrenos deslizantes. Gracias a esta rigidez, el comportamiento del vehículo resultaba más predecible, lo que permitía al piloto mantener el control en situaciones límite y transmitir con mayor precisión las órdenes de dirección y frenado.

No obstante, esta arquitectura también presentaba algunos inconvenientes. El monocasco del Stratos no incorporaba zonas de deformación programada ni estructuras de absorción de impacto como las que se emplean hoy en día. Esto implicaba que, en caso de colisión, la energía del impacto se transmitía de forma más directa al habitáculo, comprometiendo la seguridad pasiva de los ocupantes [Ilustración 99].



Ilustración 99. Forma de fractura de la carrocería del modelo original.

La posición del motor, situado en disposición central-trasera transversal, combinada con una distancia entre ejes muy corta, otorgaba al vehículo una distribución de masas casi ideal para la tracción trasera. Esto se traducía en una capacidad de giro y una respuesta al volante extremadamente ágiles, lo que permitía al coche girar con rapidez y adaptarse con facilidad a los cambios de dirección exigidos por el terreno.

El acceso a los componentes mecánicos [Ilustración 100] era otro punto a favor del diseño estructural. Tanto el capó delantero como el trasero se abrían completamente, dejando expuestos todos los elementos clave para su revisión y reparación. Esta solución, poco habitual en modelos de calle, resultaba tremendamente útil en el entorno del rally, donde cada segundo cuenta y la facilidad para intervenir en el vehículo entre etapas puede marcar la diferencia entre seguir en carrera o abandonar.



Ilustración 100. Componentes mecánicos del Lancia Stratos.

En cuanto a los materiales empleados para su fabricación, la carrocería del Stratos está compuesta por paneles de fibra de vidrio reforzada [Ilustración 101] con resina de poliéster, incluyendo las puertas y los grandes capós delantero y trasero que se abrían completamente. Esta elección de materiales permitía reducir el peso total del vehículo,

que se situaba en torno a los 980 kg en la versión de calle y 880 kg en la versión de competición. La ligereza contribuía a una aceleración rápida y una mayor agilidad, ventajas significativas en las etapas de rally donde la maniobrabilidad es crucial.



Ilustración 101. Formación de la fibra de vidrio.

Sin embargo, el uso de estos materiales también presentaba ciertas limitaciones. Aunque la combinación de acero y fibra de vidrio ofrecía una rigidez estructural adecuada para las exigencias del rally, la seguridad pasiva era limitada según los estándares actuales.

En comparación con los materiales actuales, como los compuestos de fibra de carbono o las aleaciones de aluminio de alta resistencia, los materiales empleados en el Stratos eran más pesados y menos eficientes en términos de absorción de impactos. Sin embargo, para la época, representaban un equilibrio eficaz entre coste, peso y rendimiento, permitiendo al Stratos destacar en la competición de rally y dejar una huella imborrable en la historia del automovilismo.

Aun así, hay varios valores y lecciones del diseño original que siguen siendo perfectamente vigentes y funcionales. La simplicidad como medio para lograr eficiencia, reduciendo al mínimo lo superfluo, es una filosofía que encaja con los principios contemporáneos de diseño sostenible, centrado en la reducción de materiales y la optimización de procesos. Esta visión pragmática puede retomarse en un contexto moderno a través del empleo de materiales reciclables, de fuentes sostenibles o técnicas de fabricación aditiva que reduzcan el impacto ambiental sin comprometer las prestaciones.

En definitiva, aunque muchos aspectos técnicos del Lancia Stratos original han quedado obsoletos con el paso del tiempo, ha servido como fuente de inspiración muy valiosa. El rediseño actual no se limita a buscar soluciones, sino reinterpreta sus principios bajo la luz de los avances técnicos, las nuevas exigencias normativas y las expectativas contemporáneas de seguridad, sostenibilidad y experiencia de conducción.

Anexo 2: Estudio de materiales

La reducción de masa resulta imprescindible para el diseño moderno. De acuerdo con datos de la European Aluminium Association, una reducción de 100 kg en el peso de un vehículo puede traducirse en una disminución de hasta 9 g de CO₂ por kilómetro recorrido. En vehículos deportivos o de altas prestaciones, como es el caso del Stratos rediseñado, esta reducción no sólo repercute en la eficiencia energética, sino también en parámetros clave como la aceleración, el reparto de pesos, el comportamiento en curva o la distancia de frenado.

En el proceso de selección de materiales para la estructura y la carrocería del nuevo concepto desarrollado, es esencial equilibrar las propiedades mecánicas, la eficiencia productiva y la durabilidad en el tiempo. A continuación, se detallan los principales criterios a tener en cuenta:

1. Requisitos funcionales principales:

- Alta resistencia estructural.
- Elevada rigidez torsional.
- Capacidad de absorción de impactos para proteger a los ocupantes.

2. Prestaciones mecánicas deseadas:

- Alta rigidez específica (relación rigidez/peso).
- Buena ductilidad, evitando fallos frágiles.
- Óptima absorción de energía durante una colisión.

3. Criterios de manufacturabilidad:

- Buen comportamiento frente a procesos de deformación.
- Facilidad de conformado (embutición, estampación, moldeo, etc.).
- Adaptabilidad a producción en masa (ciclo, coste, repetibilidad).

4. Criterios de durabilidad y sostenibilidad:

- Buena resistencia química (corrosión, disolventes, agentes atmosféricos).
- Comportamiento estable a diferentes temperaturas de servicio.
- Evaluación de la reciclabilidad, impacto ambiental y coste, especialmente en grandes series.

En este marco, el presente anexo analizará de forma técnica y detallada las principales opciones de materiales candidatos para la carrocería y para el acristalamiento. Esta evaluación permitirá establecer una base objetiva y argumentada para la posterior selección de materiales en el modelo conceptual rediseñado del Lancia Stratos,.

Aluminio

El aluminio es un metal ligero con una densidad aproximada de 2.7 g/cm³, lo que resulta ser un material mucho más ligero en comparación con el acero. A continuación se muestran con más detalle las ventajas y desventajas de este material [Tabla 12]:

Característica	Ventajas	Desventajas
Densidad	Muy ligero (~2.7 g/cm ³), permite reducciones de peso de hasta 50 % frente al acero	Costo ≈3 × más que el acero convencional
Relación resistencia/peso	Excelente, mejora dinámica, eficiencia energética	Fatiga más crítica, requiere diseño cuidadoso
Corrosión	Naturalmente resistente; series 5xxx/6xxx destacan en ambientes agresivos	Series 7xxx vulnerables al cracking por tensión
Formabilidad	Buena en 5xxx/6xxx para estampación y extrusión	7xxx requiere tratamientos térmicos especializados, menos formable
Soldabilidad	Alta en 5xxx y 6xxx; limitada o crítica en 7xxx por tratamientos y atmósferas	7xxx difícil de soldar sin protección específica
Reciclabilidad	Muy alta, permite mejoras en evaluación del ciclo de vida	Requiere reciclaje adecuado por copresencia de aleantes
Costo energético	Menor costo energético de reciclaje (hasta 37 % menos insumido)	La producción primaria es intensiva en energía

Tabla 12. Características del aluminio.

Las aleaciones de aluminio se clasifican en diferentes series según su composición y propiedades [Tabla 13]:

Serie	Principales elementos	Resistencia (MPa)	Características clave
5xxx (Al-Mg)	Al + Mg	140 – 350	Alta resistencia a la corrosión, excelente soldabilidad, no tratable térmicamente.
6xxx (Al-Mg-Si)	Al + Mg + Si	160 – 370	Versátil, buen comportamiento en extrusión, tratable térmicamente, alta formabilidad.
7xxx (Al-Zn-Mg-Cu)	Zn + Mg + Cu	360 – 610	Máxima resistencia, tendencia a corrosión por tensión, usadas en estructuras aeroespaciales

Tabla 13. Aleaciones del aluminio.

El aluminio y sus aleaciones presentan una buena capacidad de absorción de energía en caso de colisión, lo que contribuye a la seguridad del vehículo. Sin embargo, al presentar menor ductilidad en comparación con el acero puede representar un desafío en ciertas aplicaciones estructurales. Para restar importancia a este aspecto, se pueden diseñar zonas de deformación controlada que absorban la energía del impacto de manera eficiente.

El aluminio es 100% reciclable sin pérdida de sus propiedades, lo que lo convierte en un material altamente sostenible. El proceso de reciclaje del aluminio consume aproximadamente un 5% de la energía requerida para la producción de aluminio primario, lo que resulta en una significativa reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el reciclaje de aluminio reduce la necesidad de extracción de bauxita, disminuyendo el impacto ambiental asociado a la minería.

En resumen, las propiedades mecánicas, el comportamiento frente a impactos y la sostenibilidad del aluminio y sus aleaciones, hacen que este material sea muy beneficioso de emplear para fabricar la carrocería diseñada. La combinación de aleaciones de las series 5xxx y 6xxx puede proporcionar un equilibrio óptimo entre resistencia, deformabilidad y reciclabilidad, contribuyendo a un diseño ligero, seguro y respetuoso con el medio ambiente.

Fibra de Carbono

Material compuesto por fibras extremadamente finas de carbono, las cuales se agrupan y combinan con una matriz polimérica para formar materiales compuestos.

Propiedad	Valor / Característica
Densidad	~1,6 g/cm ³ (muy baja comparada con acero o aluminio)
Resistencia a tracción	3.500 – 6.000 MPa (muy alta)
Módulo de elasticidad	200 – 600 GPa (alta rigidez)
Temperatura de uso	Hasta 150 °C (mayor con resinas especiales)
Conductividad térmica	Baja
Conductividad eléctrica	Alta (dependiendo de la orientación de las fibras)
Resistencia a la corrosión	Muy alta

Tabla 14. Características de la fibra de carbono.

Este conjunto de propiedades [Tabla 14] convierten a la fibra de carbono en el material ideal para las carrocerías de los coches, llegando a ser su único inconveniente el precio de adquisición, lo que conlleva a aumentar el precio del vehículo.

En la industria automotriz, la fibra de carbono se usa para la fabricación de piezas de automóviles de competición. Esto se debe a que la fibra de carbono es fuerte y ligera, lo que permite que los automóviles sean más rápidos y más eficientes en términos de combustible. Además, su alta resistencia a la fatiga y a la corrosión la hace adecuada para componentes que requieren una larga vida útil y bajo mantenimiento. Sin embargo, su comportamiento frente a impactos es diferente al de los metales; mientras que los metales tienden a deformarse plásticamente, absorbiendo energía, la fibra de carbono puede fracturarse de forma más brusca, lo que requiere un diseño cuidadoso de las estructuras para garantizar la seguridad en caso de colisión.

En términos de sostenibilidad, la producción de fibra de carbono tradicionalmente ha sido intensiva en energía y recursos, lo que plantea desafíos ambientales. No obstante, se han logrado avances significativos en el reciclaje de fibra de carbono, lo que contribuye a la circularidad y reduce el impacto medioambiental en su fabricación. La fibra de carbono reciclada es un tipo de material obtenido a partir del aprovechamiento de otras materias, lo que contribuye a la circularidad y reduce el impacto

medioambiental en su fabricación. Mediante prácticas como el reciclaje y el upcycling, se busca disminuir el impacto en el medio ambiente y promover la sostenibilidad. Además, el uso de fibra de carbono reciclada ofrece beneficios tanto ambientales como económicos, y su durabilidad prolonga su vida útil.

Teniendo en cuenta las propiedades mecánicas, el comportamiento frente a impactos y la sostenibilidad de la fibra de carbono, su empleo para la carrocería diseñada puede resultar limitado ya que aumentaría el coste del vehículo de una forma exagerada, factor que no entra dentro de los objetivos.

Termoplásticos

Los termoplásticos son polímeros que, tras calentarse, se ablandan y pueden moldearse, y cuando se enfrían, estos se solidifican, conservando esta propiedad de forma reversible. Gracias a esta característica, los termoplásticos son capaces de repetir este proceso reiteradas veces sin desgastar sus propiedades mecánicas, lo que lo convierte en un material muy reciclable y sostenible.

Propiedad	Valor aproximado / Característica
Densidad	0.9 – 1.4 g/cm ³ (muy baja)
Resistencia a tracción	30 – 100 MPa (dependiendo del tipo y refuerzo)
Módulo elástico	1 – 5 GPa (bajo sin refuerzo)
Temperatura de uso continuo	80 – 150 °C (algunos hasta 200 °C con cargas)
Impacto a baja temperatura	Muy buena (especialmente en copolímeros y PC/ABS)
Procesabilidad	Alta: inyección, termoformado, extrusión
Reciclabilidad	Alta (termoformables y reprocesables)
Coste	Bajo a medio, dependiendo del tipo y cargas
Conductividad térmica/eléc.	Muy baja (buen aislamiento)

Tabla 15. Características de los termoplásticos.

En cuanto a su aplicación en la industria automotriz, se emplean en la fabricación de numerosos componentes como paneles interiores y exteriores hasta sistemas de iluminación y componentes estructurales. Con respecto a su comportamiento contra impactos, termoplásticos como el polipropileno (PP) y el policarbonato (PC) ofrecen una excelente absorción de energía en caso de colisión, lo que contribuye a la seguridad pasiva del vehículo. Además, su resistencia química y a la corrosión los hace adecuados para aplicaciones expuestas a ambientes agresivos.

Ventajas	Desventajas
Muy ligeros (más que aluminio y CFRP)	Baja rigidez estructural sin refuerzos
Alta resistencia al impacto y a la corrosión	Poca resistencia a altas temperaturas (excepto PEEK, PSU, etc.)
Moldeables en formas complejas con bajo coste	Menor resistencia a tracción y fatiga que los metales o compuestos avanzados
Económicos y fáciles de fabricar	Baja resistencia al rayado y envejecimiento UV (requiere recubrimientos)
Reprocesables y reciclables	Menor sensación de “calidad percibida” en algunos usos estéticos
Ideal para paneles exteriores, defensas, rejillas, molduras	No adecuados para zonas estructurales sin refuerzos (salvo composites)

Tabla 16. Ventajas y desventajas de los termoplásticos.

Desde un punto de vista medioambiental, presentan ciertas ventajas significativas. Los termoplásticos al ser altamente reciclables, permiten reducir la dependencia de materias primas y disminuir la cantidad de residuos plásticos. De la misma forma, el proceso de reciclaje de este material implica recogida, clasificación, limpieza, trituración y extrusión del material, transformándolo en gránulos reutilizables para la fabricación de nuevos productos. Esta cadena de procesamiento contribuye a la economía circular y a la sostenibilidad en la industria automotriz. Este proceso de reciclaje contribuye a la economía circular y a la sostenibilidad en la industria automotriz.

La combinación de diferentes tipos de termoplásticos, como el polipropileno y el policarbonato, puede proporcionar un equilibrio óptimo entre resistencia, ligereza y reciclabilidad, contribuyendo a un diseño ligero, seguro y respetuoso con el medio ambiente.

Tras un análisis detallado de los principales materiales actualmente disponibles para la fabricación de carrocerías automotrices, incluyendo aluminio y sus aleaciones, fibra de carbono reciclada y termoplásticos de ingeniería; se ha llegado a una conclusión fundamentada en criterios técnicos, medioambientales, económicos y de viabilidad productiva. Si bien cada uno de estos materiales presenta fortalezas específicas, el aluminio se posiciona como la opción más adecuada para un modelo conceptual que busca combinar rendimiento, identidad estética, sostenibilidad y potencial de industrialización en series limitadas.

El aluminio ofrece una relación peso-rigidez especialmente favorable, permitiendo reducir significativamente la masa del vehículo en comparación con el acero sin comprometer su integridad estructural. Esta ligereza se traduce directamente en mejoras dinámicas y en una mayor agilidad, atributos esenciales para un deportivo como el Stratos. A ello se suma una excelente capacidad para absorber impactos cuando se diseña con zonas de deformación controlada, cumpliendo con las exigencias actuales en materia de seguridad pasiva y alineándose con normativas internacionales como las UNECE R94 y R95.

Desde el punto de vista medioambiental, aunque la producción primaria del aluminio implica un consumo energético elevado, su ventaja radica en su reciclabilidad prácticamente ilimitada. El aluminio secundario, obtenido por reciclaje, requiere apenas un 5% de la energía necesaria para producir aluminio primario, y actualmente más del 90% del aluminio automotriz en Europa se recicla. Esto convierte al material en una elección coherente con los principios de economía circular y con la creciente demanda de reducir la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida del producto. Además, su compatibilidad con procesos de desmontaje facilita su recuperación al final de la vida útil del vehículo.

Otro aspecto decisivo es su madurez tecnológica. A diferencia de la fibra de carbono, que requiere procesos costosos y lentos, o de los termoplásticos, cuya rigidez estructural es limitada, el aluminio puede trabajarse mediante técnicas ya ampliamente dominadas por la industria, como la estampación, extrusión o soldadura MIG. Esta disponibilidad facilita su implementación tanto en procesos artesanales como en líneas semi-industriales adaptadas a modelos de baja producción, sin comprometer el control de calidad ni los plazos de desarrollo.

Por todo ello, el aluminio satisface los requerimientos técnicos y funcionales del rediseño, sino que también respeta el carácter del modelo original al permitir formas escultóricas y superficies tensas, manteniendo una coherencia estética con el legado del Stratos. En suma, se considera que el aluminio y sus aleaciones representan la mejor elección para la carrocería del nuevo modelo, equilibrando ligereza, seguridad,

sostenibilidad y factibilidad de producción, y consolidándose como el pilar estructural más lógico para este proyecto de reinterpretación contemporánea.

Cabe destacar que durante el proceso de selección de materiales, hay que decidir acerca de los materiales empleados en aquellas superficies acristaladas de la carrocería, es decir, el parabrisas y las ventanillas que integre. Estas áreas no únicamente condicionan la visibilidad y la estética, también son importantes en cuanto a seguridad del vehículo, rigidez estructural y su comportamiento frente a impactos. A parte, gracias a los avances tecnológicos y normativos permiten considerar soluciones más ligeras, sostenibles y seguras.

Originalmente, el parabrisas de un coche estaba fabricado con vidrio laminado de seguridad [Ilustración 102], compuesto por dos capas de vidrio intercaladas con una película de polivinilo butiral (PVB). Con este material, el vidrio no se rompe en forma de fragmentos peligrosos, ya que el PVB actúa como una película adhesiva que retira los trozos rotos, evitando proyecciones hacia el interior del vehículo. Este tipo de vidrio está regulado por normativas como el Reglamento N°43 de la UNECE, que establece los criterios para homologación de acristalamientos de seguridad. En términos de propiedades mecánicas, el vidrio laminado típico presenta un módulo de elasticidad cercano a los 70 GPa y una resistencia a tracción del orden de 40-90 MPa, dependiendo del tratamiento térmico aplicado.

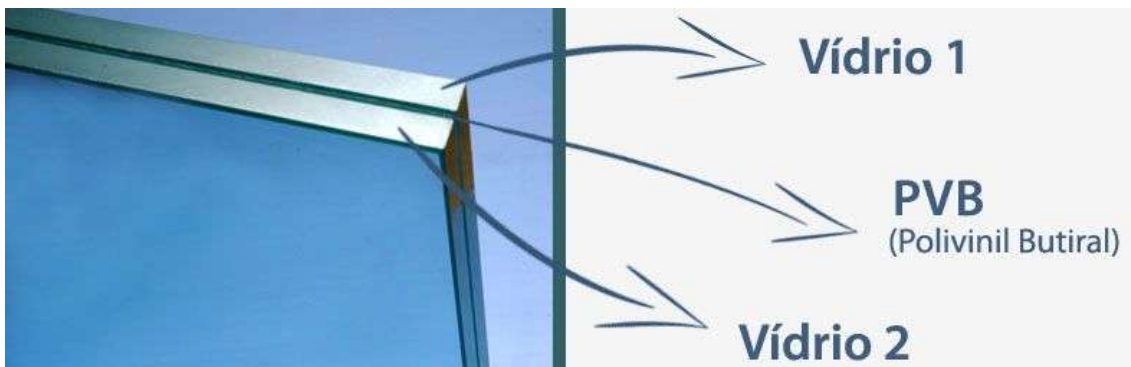


Ilustración 102. Vidrio laminado de seguridad.

Con respecto a las ventanillas, se suele emplear vidrio templado. A diferencia del vidrio laminado, el templado se fabrica tras un proceso de temple térmico que incrementa su resistencia mecánica, hasta cinco veces superior sin tratar el vidrio, y que al romperse, se fragmenta en trozos minúsculos que reducen el riesgo de lesiones en los pasajeros del vehículo [Ilustración 103]. Sin embargo, su comportamiento contra impactos no llega a ser todo lo favorable que se necesita, es por esto que modelos actuales, sobre todo deportivos o coches de lujo, emplean vidrio laminado en las ventanillas.



Ilustración 103. Comportamiento de una ventanilla frente a colisión.

Con el avance de los materiales plásticos de altas prestaciones, han emergido alternativas al vidrio como el policarbonato con tratamientos superficiales anti-rayado. El policarbonato presenta la ventaja de ser más de un 50% más ligero que el vidrio convencional, con una excelente resistencia al impacto, con valores típicos de hasta 900 J/m frente a los 20 J/m del vidrio templado, y permite geometrías más complejas en el diseño exterior. No obstante, su desventaja es la resistencia al rayado y a la degradación UV. Estos problemas se han reducido gracias a recubrimientos como los basados en silicio o poliuretanos especiales.

Por otro lado, el vidrio es un material 100% reciclable sin pérdida de propiedades, aunque su producción requiere de altas fuentes de energía y emisiones de CO₂. Sin embargo, el policarbonato es más complicado de reciclar, aunque a día de hoy existen nuevas técnicas industriales para su recuperación mediante pirólisis o procesos químicos avanzados. En términos de ciclo de vida, un parabrisas de vidrio tiene una huella de carbono media de 20-30 kg de CO₂ equivalente, mientras que un sistema completo de acristalamiento en policarbonato puede suponer un ahorro de hasta 7 kg en el peso del vehículo, lo cual se traduce en reducción de consumo energético y emisiones durante el uso del vehículo.

En base a este análisis, y considerando que este es un modelo conceptual con vistas a una producción en serie, se propone mantener el vidrio laminado para el parabrisas por su alta resistencia estructural, fiabilidad normativa y excelente desempeño ante colisiones frontales. Para las ventanillas laterales, se decide optar por policarbonato laminado con recubrimiento antirrayado, lo que permite una reducción significativa de peso y mayor libertad formal para el diseño, sin comprometer la seguridad. Esta combinación de materiales ofrece un equilibrio óptimo entre rendimiento dinámico, seguridad, viabilidad industrial y sostenibilidad, especialmente alineado con los estándares actuales de homologación y con las exigencias del usuario moderno.

Anexo 3: Proceso desarrollo de un vehículo

El proceso de producción de un vehículo conlleva una serie de fases complejas que abarca desde las primeras conceptualizaciones del diseño hasta el momento de la entrega del producto final. Especialmente en la industria automotriz, esta cadena se ha visto transformada por la introducción de nuevas tecnologías digitales, la automatización, la sostenibilidad en los materiales y la creciente presión por optimizar tanto los costes como la eficiencia energética de los procesos productivos.

El objetivo de analizar el proceso de fabricación de un vehículo no es solo describir las fases clásicas para desarrollar un vehículo, desde el diseño hasta el control de calidad fina, sino que también se realiza con el fin de considerar su aplicación en modelos dedicados a la producción limitada. Del mismo modo, se mencionan las tecnologías convencionales como el moldeo de metales o polímeros, así como innovaciones emergentes como la impresión 3D, los sistemas de ensamblaje robotizados, los gemelos digitales o la gestión del ciclo de vida del producto mediante plataformas PLM.

Además, se introducirán brevemente algunos ejemplos y tendencias industriales actuales que pueden aportar inspiración y referencias reales a este proceso, permitiendo evaluar hasta qué punto el rediseño propuesto es no sólo formalmente viable, sino también técnicamente reproducible en un entorno industrial adaptado.

1. Diseño y desarrollo conceptual

El diseño y desarrollo conceptual de un vehículo es una etapa crucial que establece las bases para todo el proceso de fabricación. Esta etapa desarrolla desde la concepción inicial del diseño hasta la preparación para la producción, integrando aspectos estéticos, funcionales, normativos y tecnológicos.

El desarrollo de un vehículo comienza mucho antes de la fabricación física; tiene sus inicios en una fase clave que integra creatividad, ingeniería y estrategia, el diseño conceptual. Es en esta etapa donde se define la esencia del producto, tanto a nivel estético como funcional, sentando las bases para todo el ciclo de vida industrial del automóvil. El proceso empieza con una fase intensiva de ideación visual, donde el diseño exterior e interior se traduce en bocetos a mano alzada que expresan intenciones formales, proporciones y carácter. Esta fase inicial, aunque artística, también está condicionada por consideraciones técnicas, como el espacio disponible para componentes mecánicos, la visibilidad, la ergonomía o incluso aspectos aerodinámicos básicos.

Pronto, esos primeros bocetos evolucionaron hacia modelos digitales mediante herramientas como Blender o softwares CAD especializados como el caso de Autodesk Alias o Rhinoceros 3D, que permiten modelar superficies de alta calidad y verificar aspectos clave del volumen, cuyos programas cuentan con el inconveniente conlleva un aprendizaje intensivo para el correcto manejo de estos programas. Gracias a estas plataformas, el equipo de diseño puede iterar rápidamente y compartir archivos compatibles con las siguientes fases del desarrollo técnico, desde el diseño de ingeniería hasta el análisis estructural o el estudio de fabricación.

Una vez consolidado el diseño general, la integración digital se convierte en una herramienta imprescindible para gestionar la complejidad del proyecto. Es aquí donde entran en juego los sistemas de gestión del ciclo de vida del producto, conocidos como PLM (Product Lifecycle Management). Estas plataformas, como Siemens Teamcenter o Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE, permiten que todas las disciplinas involucradas en el desarrollo compartan una única fuente de información, evitando errores de versión, duplicidad de datos y facilitando la trazabilidad de decisiones. Además, estos sistemas son esenciales para planificar desde la fabricación hasta la posventa, conectando diseño, ingeniería, producción y mantenimiento dentro de un mismo entorno colaborativo.

En este contexto digital, los llamados “gemelos digitales” cobran una importancia creciente. Estos modelos virtuales del vehículo completo no se limitan al diseño exterior, sino que integran simulaciones estructurales, térmicas, funcionales y hasta de ensamblaje y mantenimiento. Gracias a ellos, es posible anticipar interferencias entre piezas, probar procesos de fabricación sin necesidad de fabricar prototipos físicos, o incluso entrenar sistemas de asistencia virtual para el diagnóstico futuro del coche. Algunas marcas pioneras, como Renault, ya emplean gemelos digitales no solo para acelerar el desarrollo, sino también para mejorar la eficiencia en planta y prever escenarios de uso real. Su utilidad va mucho más allá del diseño: se convierten en un vínculo constante entre el producto físico y su evolución digital a lo largo del tiempo.

2. Prototipado y validación.

Después del diseño conceptual, la percepción del vehículo progresa hacia la etapa de prototipado, un paso esencial que convierte modelos digitales en representaciones tangibles para verificar tanto el diseño como la funcionalidad y la factibilidad técnica. En este punto, la meta no es todavía fabricar en serie, sino crear unidades experimentales que faciliten la prueba de conceptos fundamentales, prever dificultades de montaje o ajuste y confirmar decisiones de diseño antes de poner en riesgo inversiones industriales.

El paso inicial en esta etapa consiste en la elaboración de modelos físicos o simulaciones a escala real. Estos modelos exteriores o interiores facilitan la valoración

de la ergonomía, las proporciones visuales y la interacción del ser humano con los componentes del vehículo. Se utilizan métodos variados para su edificación, como el fresado CNC de bloques de espuma o resina, la impresión 3D de elementos concretos y los acabados manuales con masillas o revestimientos, todo esto coordinado a partir del modelo CAD de diseño.

Conforme se progresa hacia prototipos operativos, se incorporan componentes técnicos auténticos. Algunas partes ya se producen con los materiales esenciales (como componentes estructurales o mecánicos), mientras que otras todavía se llevan a cabo mediante técnicas alternativas más veloces, como el termoformado o la fundición en arena, con el fin de disminuir los tiempos de fabricación. Simultáneamente, la aplicación de tecnologías como la realidad aumentada o el escaneo 3D facilita la comparación directa de los prototipos físicos con el modelo digital, rectificando desvíos y garantizando consistencia dimensional.

En esta etapa también se fabrican los primeros prototipos de rodamientos, frecuentemente llamados "mulas" o "prototipos encubiertos". Su meta es evaluar la dinámica del automóvil: armazón, suspensión, frenos, comportamiento en la vía, ruido y vibraciones. A pesar de que a menudo no existen acabados exteriores tangibles, son esenciales para calibrar la respuesta dinámica, verificar la solidez estructural y confirmar las configuraciones antes de su industrialización.

Además, los prototipos funcionales posibilitan llevar a cabo pruebas preliminares de homologación conforme a las regulaciones pertinentes, como las normas UNECE (como R94 para impactos frontales o R135 para impactos laterales), o simular ensayos destructivos bajo condiciones reguladas. Estos prototipos también se utilizan para confirmar la interacción entre sistemas electrónicos, tales como iluminación, monitores, sensores de seguridad, y organizar el desarrollo de software embarcado.

Simultáneamente, se realizan evaluaciones de costo, tiempo de producción y montaje para confirmar si el diseño es viable para ser industrializado. Si se identifican problemas, usualmente se sugieren modificaciones a nivel de ingeniería, tales como simplificación de componentes, disminución del número de operaciones o reevaluación de uniones.

En conclusión, la etapa de prototipado funciona como enlace entre el propósito conceptual y la realidad industrial. Facilita a los ingenieros modificar detalles que pueden pasar inadvertidos en pantalla y a los diseñadores confirmar que sus elecciones se mantienen congruentes frente a la severidad, las tolerancias y las restricciones del mundo físico. Es un procedimiento riguroso, costoso y extremadamente técnico, pero esencial para asegurar que el vehículo final satisfaga las demandas de calidad, seguridad y desempeño que establece el mercado contemporáneo.

3. Fabricación de componentes y ensamblaje industrial.

Tras la validación de los prototipos, el desarrollo del vehículo progresa hacia la industrialización, fase en la que se establece el proceso exhaustivo de producción de cada elemento y se estructuran los medios de producción que facilitarán la producción en serie. En esta etapa, el diseño se convierte en ingeniería de producción, modificando los componentes para que puedan ser fabricados de manera repetitiva, eficaz y cumpliendo con los estándares de calidad requeridos.

Para los elementos de la carrocería, en particular al manipular materiales como el aluminio, caso del nuevo Lancia Stratos, los procedimientos más comunes son el estampado en frío, el hidroformado y la extrusión. El estampado en frío de placas de aleación de aluminio demanda prensas de gran tonelaje y matrices particulares, que deben ser diseñadas con exactitud para considerar el retorno elástico del material y su menor maleabilidad en comparación con el acero. Por otro lado, el hidroformado posibilita la creación de geometrías complejas y duraderas con un solo componente, disminuyendo las uniones y soldaduras, lo que se traduce directamente en una mayor rigidez estructural y un ahorro en peso.

Para componentes de menor tamaño o con funciones particulares, tales como soportes, refuerzos o canalizaciones internas, es posible utilizar procesos de fundición a alta presión o mecanizado CNC, en particular si se refiere a elementos de aleaciones de aluminio fundible o plásticos técnicos. En modelos de producción restringida o con un enfoque artesanal, como un deportivo conceptual de bajo volumen, la impresión 3D podría ser una alternativa factible para ciertas piezas estructurales no vitales o para componentes del habitáculo, ya que proporciona agilidad, personalización y una inversión inicial considerablemente menor a la de moldes tradicional.

El interior del automóvil, que incluye paneles, asientos, salpicadero y otros componentes funcionales o decorativos, necesita procedimientos industriales como el termomoldeado, la aplicación de plásticos, el alineamiento automatizado o la instalación modular. Específicamente, los paneles de puertas, la superficie frontal o la consola central generalmente se fabrican con termoplásticos reforzados o espumas de poliuretano inyectadas, mezclados con textiles técnicos, cuero o materiales sostenibles como fibras naturales prensadas. En este tipo de vehículos, donde el diseño es crucial, también se valora la habilidad para efectuar acabados a medida. Por ello, es habitual utilizar procesos semiautomatizados o de montaje por módulos que permitan variaciones sin impactar la logística global.

El procedimiento de montaje general, que comprende la carrocería, los componentes interiores, el sistema de propulsión, la suspensión y los elementos eléctricos, se realiza

en secuencias ordenadas por estaciones de trabajo. En años recientes, la automatización ha adquirido un rol crucial en esta fase. Robots de colaboración (cobots) llevan a cabo labores de precisión como la soldadura MIG o TIG en estructuras de aluminio, el uso de adhesivos estructurales o la instalación de cristales, lo que incrementa la repetibilidad y disminuye las equivocaciones humanas. Adicionalmente, tecnologías como el escaneado 3D en tiempo real y los sistemas de visión por inteligencia artificial facilitan la comprobación en tiempo real de que cada vehículo montado satisface las tolerancias geométricas previstas.

Es importante subrayar que la selección del material, como el aluminio en este escenario, influye directamente en el proceso de montaje. Por ejemplo, el proceso de soldadura con aluminio requiere de equipos y materiales específicos debido a su conductividad térmica y a la creación de óxidos. En numerosas instalaciones modernas, en vez de utilizar soldadura, se utilizan métodos de remachado por fricción, adhesivos estructurales o una mezcla de ambos, los cuales incrementan la rigidez y disminuyen los puntos críticos de agotamiento. La combinación de materiales similares, como aluminio con fibra de carbono o termoplásticos, también demanda procesos híbridos particulares, aspecto que debe ser considerado desde la etapa de diseño.

En términos generales, la producción de componentes y su montaje no solo representa el momento en el que un diseño se transforma en producto, sino que también representa un componente crucial para el éxito comercial y técnico del automóvil. La mejora de procedimientos, la incorporación de automatización inteligente y la utilización eficaz de materiales hacen que un modelo conceptual como el recién presentado Lancia Stratos no sea meramente una escultura en ruedas, sino un producto técnicamente factible, industrialmente viable y acorde con los estándares de sostenibilidad y eficiencia del siglo XXI.

4. Control de calidad y validación final.

Esta fase constituye la última etapa del proceso industrial de fabricación de automóviles, siendo muy importante para poder garantizar que el vehículo cumple con todos los estándares técnicos, de seguridad, normativos y estéticos establecidos durante su desarrollo. A su vez, se revisa si se cumple que cada uno de los modelos fabricados responde a las especificaciones de diseño y funcionalidad, clave para detectar si se han producido desviaciones en los procesos de fabricación y prevenir errores que comprometan la seguridad del usuario o la imagen de marca del fabricante.

Para piezas estructurales como los paneles de aluminio, se emplean técnicas de inspección dimensional mediante máquinas de medición por coordenadas (CMM) o escáneres 3D que permiten verificar tolerancias milimétricas y detectar deformaciones o desviaciones. La integridad del material también se evalúa mediante ensayos no

destruictivos, como el ultrasonido o la inspección por líquidos penetrantes, especialmente en piezas soldadas o de fundición.

Durante el proceso de ensamblaje, se integran sistemas de control en línea que verifican operaciones clave como la correcta instalación de componentes, el apriete de tornillos críticos mediante atornilladores inteligentes con control de par y ángulo, o la correcta aplicación de adhesivos estructurales. Estos controles se realizan en tiempo real, registrando datos en sistemas centralizados que permiten la trazabilidad completa del vehículo, lo cual es esencial para auditorías, acciones correctivas o retiradas de productos si fuera necesario.

Una vez finalizado el ensamblaje, el vehículo pasa por una serie de estaciones de inspección funcional. Se realiza una verificación completa de los sistemas eléctricos y electrónicos, pruebas dinámicas en bancos de rodillos para validar la propulsión, frenos y dirección, así como pruebas de estanqueidad mediante simulación de lluvia. En modelos de gama alta o ediciones especiales, es habitual aplicar además un control visual exhaustivo de acabados interiores y exteriores, para detectar defectos estéticos como imperfecciones en la pintura, desajustes entre paneles o fallos en el montaje de revestimientos.

Además, como parte del proceso de validación final, se suelen realizar pruebas de conducción en pista cerrada, donde se comprueba el comportamiento dinámico, la calidad de rodadura, la respuesta de la dirección y los frenos, así como ruidos parásitos. Esta fase es especialmente importante en vehículos deportivos, donde las sensaciones de conducción y la precisión mecánica son parte esencial del valor percibido del producto.

Anexo 4: Estudio motorización

La relación entre motorización y diseño exterior es intrínseca. Si por ejemplo se eligiese una motorización eléctrica, asunto que se resolverá en el apartado 6.1 de la memoria, permite al diseñador mayor libertad de configuración del espacio interno y aerodinámica general, al eliminar elementos de gran volumen ,como el motor de combustión o los sistemas de escape, se incrementa el espacio disponible del vehículo. Esto se traduce en diseños más fluidos y creativos para el diseñador industrial.

En este anexo se exploran las distintas opciones de motorización, analizando sus implicaciones en el diseño. Así mismo, se estudia como la integración de tecnologías influyen en las decisiones de diseño, y cómo la elección de la motorización afecta directamente a la estética y funcionalidad del vehículo. Este análisis proporciona una base sólida para justificar las decisiones tomadas en el rediseño del Lancia Stratos, asegurando que estén alineadas con las tendencias actuales y futuras de la industria automotriz.

Actualmente el dominio de la propulsión sigue liderada por los motores de combustión, especialmente en el sector deportivo y de alto rendimiento. Sin embargo, la creciente presión normativa respecto al control de emisiones contaminantes y los objetivos de neutralidad climática han provocado el auge de motores eléctricos del sector. Por ejemplo, la Unión Europea fijó el año 2035 como límite para la venta de nuevos vehículos con motor térmico, aunque recientemente se han abierto excepciones para los combustibles sintéticos.

A continuación se valora de manera técnica y comparativa cada alternativa, teniendo en cuenta sus características de funcionamiento, influencia sobre el diseño del vehículo, el comportamiento dinámico y la coherencia con las exigencias del público objetivo.

Motor de Combustión

Los motores de combustión interna han sido determinantes durante más de un siglo para el desarrollo de la industria automotriz. En el sector deportivo, los motores de gasolina han sido los mejor valorados debido a su carácter explosivo, su distintivo sonido, la alta capacidad de régimen de giro y por la capacidad de ofrecer una experiencia de conducción visceral. A pesar del éxito de los gasolina, el diesel también ha sido de gran importancia en el mercado, pero su presencia en modelos deportivos y de alto rendimiento es escaso debido a su menor capacidad de giro, su respuesta más lenta y sus mayores niveles de vibración.

- Motores de gasolina: la tecnología de estos motores ha experimentado una evolución creciente en las últimas décadas, con avances como la inyección directa, sistemas de start-stop y la turboalimentación. Mejoras que han permitido llevar el motor de gasolina a otro nivel aumentando la eficiencia energética y reduciendo las emisiones contaminantes. Hoy en día, modelos como el Porsche 911 GT3 (2024) o el Alpine A110, vehículos de competición, equipan este tipo de motores y demuestran que la gasolina sigue siendo viable en vehículos deportivos de producción limitada y alto contenido emocional.

Desde el punto de vista regulatorio, la Comisión Europea planteó desde un principio el fin de los motores de combustión para 2035, pero se han visto con la obligación de dejar una excepción para los motores térmicos alimentados con combustibles sintéticos neutros en carbono, tras las negociaciones lideradas por Alemania en 2023. Esta decisión abre la posibilidad del empleo de gasolina sintética para los modelos deportivos como opción sostenible sin renunciar a la experiencia de conducción.

- Motores diesel: motor históricamente apreciado por su alto par motor a bajas revoluciones y su eficiencia energética, útil para vehículos de gran tonelaje y alta autonomía. Sin embargo, en el sector deportivo carece la presencia del diesel, modelos como el Audi TT TDI o el Porsche Cayenne probaron a equipar estos motores dándoles una oportunidad, pero a pesar del intento, la respuesta del consumidor fue devastadora debido a que la experiencia de conducción era menos excitante y la acústica no era del todo atractiva.

El escándalo del "Dieselgate" en 2015 supuso un punto de inflexión en la percepción de esta tecnología, tanto por parte del consumidor como por los reguladores, acelerando su desaparición del mercado de turismos ligeros. Desde entonces, numerosos fabricantes han reducido su inversión en esta tecnología, enfocándose principalmente en la electrificación. Además, las regulaciones Euro 7 implicarán un endurecimiento aún mayor en los límites de óxidos de nitrógeno (NOx), partículas y CO₂ (European Commission, 2022).

En cuanto al diseño, equipar esta motorización supone mayores exigencias de espacio debido a su arquitectura robusta, unos sistemas de tratamiento de gases más complejos (EGR, SCR, DPF, AdBlue) y una refrigeración exigente. Estas limitaciones dificultan su integración.

Centrando un poco el enfoque en el diseño, los motores de combustión, especialmente de gasolina, influyen en el diseño general del vehículo. En la parte frontal son necesarios disipadores de calor, sistemas de enfriamiento y tomas de aire para poder ventilar el motor. Por otro lado, si el motor está ubicado en la parte delantera, el diseño del capó se ve también afectado y la distribución de volúmenes en la carrocería.

Por otro lado, la salida de los gases de escape constituye otro punto crítico en el diseño. Además de su función técnica, aporta un componente sensorial al coche, como el característico rugido que muchos aficionados asocian con una experiencia de conducción auténtica. La tendencia actual se basa en combinar diseño de escape que sea simultáneamente funcional y estético.

El motor de combustión interna integra sistemas auxiliares como la transmisión, el sistema de refrigeración y el intercooler, los cuales deben disponer de su propio espacio. Un diseño que logre responder a estas necesidades técnicas manteniendo una línea moderna puede potenciar el rendimiento aerodinámico y la concepción visual del vehículo. Este enfoque se alinea con la tendencia de ocultar las complejidades mecánicas de un vehículo para ofrecer una estética minimalista, deportiva y elegante.

En resumen, la elección de una motorización de gasolina influye en el diseño del vehículo en múltiples dimensiones, ya que condiciona el espacio del compartimento motor, influye en la forma del frontal, determina la configuración del capó y la posición de la cabina, y dirige la integración estética del sistema de escape y otros componentes auxiliares. Al mismo tiempo, la incorporación de tecnologías de enfriamiento modernas y la posibilidad de utilizar combustibles sintéticos permiten conciliar este enfoque con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética, creando un modelo que respira tanto tradición como innovación.

Motor eléctrico

Últimamente la electrificación ha dejado de ser tendencia emergente para consolidarse como una de las motorizaciones más importantes del sector. Según el informe elaborado por la International Energy Agency (IEA, 2024), en 2023 las ventas de vehículos eléctricos a nivel global superan los 14 millones de unidades, representando más del 18% del total del mercado automotriz. Estas cifras confirman la acelerada transición que la industria automotriz ha experimentado hacia sistemas de propulsión libres de emisiones, en gran medida gracias a regulaciones implantadas como la establecida por la Unión Europea para 2035.

En el rediseño del Lancia Stratos, esta opción plantea una serie de ventajas y desafíos que afectan de forma directa al diseño exterior de la carrocería y a la aerodinámica. Los motores eléctricos son queridos por los consumidores debido a su capacidad de entregar el par motor máximo desde cero revoluciones, lo que otorga una aceleración inmediata y muy lineal, aspecto muy valorado en el alto rendimiento.

A parte, los motores eléctricos otorgan una mayor flexibilidad a la marca a la hora de distribuir el peso, ya que su compacto tamaño y modularidad permiten colocarnos sobre

los ejes, incluso en las propias ruedas, mejorando el centro de gravedad y la distribución de masas. Esta ventaja resulta crucial para el nuevo Stratos, permitiendo explorar nuevas geometrías para el chasis sin comprometer la aerodinámica. Al mismo tiempo se simplifica la parte mecánica, la transmisión, el embrague y otros elementos son eliminados para este tipo de motorización, esto conlleva un menor mantenimiento y mayor durabilidad. Esto a su vez implica liberar espacio, posibilitando mayores configuraciones para el habitáculo, maletero u otros elementos.

Centrando la visión sobre el diseño, factor más crucial para este proyecto, equipar un motor eléctrico al nuevo Lancia requiere nuevas condiciones aerodinámicas y de refrigeración. Por la parte frontal, el diseño queda mucho más limpio y cerrado. Este nuevo enfoque de diseño automotriz está en puro auge ya que busca líneas más puras, superficies tensas y transiciones suaves entre los diferentes volúmenes.

Además, el rendimiento aerodinámico se ve mejorado por factores como un suelo del coche completamente plano, lo que significa poseer mayor estabilidad, características comunes en los deportivos de alto rendimiento. De hecho, esta configuración influye directamente en la proporción del coche, ya que eleva la línea de cintura y puede reducir la altura total del vehículo sin comprometer la habitabilidad.

Sin embargo, no todo son ventajas con el motor eléctrico, también tienen algunas limitaciones. Uno de los aspectos negativos es el peso de la batería, que, aunque actualmente las marcas se encuentran mejorando este factor, sigue suponiendo un problema ya que el peso sigue siendo elevado. El Porsche Taycan turbo S, por ejemplo, posee una batería de más de 600 kg, lo que supone aligerar otros elementos como el chasis, la carrocería y el sistema de suspensión.

Otro factor negativo es el descontento de muchos usuarios con la autonomía de este tipo de vehículos. Aunque existen modelos con autonomías superiores a 500 km, en condiciones reales de conducción deportiva y uso cotidiano, estas cifras varían drásticamente. Esto hace que la opción de hacer al nuevo Stratos un coche eléctrico quede en duda debido a que una parte mínima de los consumidores se ven rechazados por esta motorización.

Otro desafío es el sonido, ya que los deportivos eléctricos carecen de ruido, aspecto que ha sido parte de la experiencia sensorial del automovilismo. Algunas firmas han optado por dotar a los modelos por sonido de motor artificial sincronizados con la aceleración, como ocurre con el BMW i4 M50 o los nuevos conceptuales de Dodge Charger Daytona SRT, que incorporan un sistema de escape llamado "Fratzonic Chambered Exhaust" para recrear la experiencia emocional del motor tradicional.

Motor de hidrógeno

Una opción prometedora para sustituir a los combustibles fósiles. Esta tecnología se basa en celdas de combustible que transforman el hidrógeno en electricidad mediante una reacción electroquímica, generando como único residuo vapor de agua. Este factor convierte esta opción en una de las más limpias desde el punto de vista medioambiental.

Según el informe de la International Energy Agency (IEA), el hidrógeno verde, producido mediante electrólisis a partir de fuentes renovables, podría llegar a reducir las emisiones globales del transporte hasta en un 20% hacia 2050 si se adoptara a gran escala (IEA, 2021).

Desde el punto de vista técnico, un vehículo impulsado por hidrógeno requiere la integración de varios sistemas clave:

- Un tanque presurizado para almacenar el hidrógeno a 700 bares.
- Un sistema de celdas de combustible (Fuel Cell) para generar electricidad.
- Un pequeño motor eléctrico que actúa como tren motriz final.
- Un sistema de baterías o condensadores que asisten en la entrega de potencia y la regeneración de energía.

Con respecto al rendimiento, el motor de hidrógeno ofrece ventajas considerables, ya que permite una mayor autonomía y tiempos de recarga que rondan los 3-5 minutos, tiempos similares a los de combustión. Sin embargo, su principal desventaja es el escaso uso actual de esta motorización debido a que su desarrollo no está completado al 100%, al igual que su elevada inversión para la producción del hidrógeno verde.

Desde el punto de vista del diseño del vehículo, la elección de una motorización por hidrógeno presenta varios condicionantes:

- El tanque de hidrógeno es voluminoso y requiere medidas de seguridad importantes, lo que supone reestructuraciones en el diseño y cambios nada favorables al vehículo.
- El sistema de celdas de combustible necesita una adecuada refrigeración, este aspecto obliga a incorporar entradas de aire funcionales, al igual que en los motores de combustión.
- Si se opta por el motor de hidrógeno, será necesario mantener las proporciones clásicas debido a los condicionantes estructurales y de seguridad.

Si se viera desde el punto de vista conceptual, el hidrógeno es la opción más adaptable a un restomod deportivo, buscando conservar la identidad visual clásica sin las limitaciones de los volúmenes característicos de los BEV (vehículos eléctricos de batería). El grupo Stellantis apuesta por esta motorización de cara a futuro, intentando

incorporar este motor a modelos como el Opel Vivaro-e Hydrogen o el Citroën ë-Jumpy Hydrogen, que ya se están produciendo en Europa.

Tras haber estudiado y analizado las opciones de manera detallada y considerando los factores técnicos y las tendencias actuales del mercado, se establece que la motorización óptima para el prototipo conceptual del nuevo Lancia Stratos es una motorización 100 % eléctrica alimentada por batería. En concreto, el mejor motor eléctrico para el nuevo Stratos es el motor eléctrico M4+ desarrollado por Stellantis se posiciona como la opción más coherente y acertada para este tipo de vehículo.

El motor M4+ es fruto de la colaboración entre Stellantis y Nidec, dentro de la estrategia del grupo para electrificar su gama sin comprometer el rendimiento. Este propulsor entrega 280 CV (aproximadamente 206 kW) y ha sido diseñado para ofrecer una respuesta inmediata, eficiencia energética y compacidad. Actualmente se monta en modelos de vocación deportiva como el Abarth 600e o el Alfa Romeo Junior Veloce, lo cual confirma su idoneidad para vehículos que priorizan sensaciones dinámicas, agilidad y un estilo de conducción emocional.

Además, el motor M4+ está concebido para plataformas modulares como la STLA Small o Medium, que permiten integrar baterías de alta densidad energética con autonomías estimadas de hasta 400-500 km reales en aplicaciones deportivas. Esto es crucial para que el vehículo no solo rinda bien en términos de aceleración o agilidad, sino también para ofrecer una experiencia de conducción completa y utilizable en el día a día.

Desde un punto de vista técnico, la propulsión eléctrica ofrece varias ventajas en el contexto de este TFG:

- Arquitectura flexible: la ubicación de las baterías en el piso del vehículo permite conservar una silueta baja y agresiva, muy coherente con el carácter de un coupé deportivo, mejorando además el centro de gravedad.
- Entrega instantánea de par: ideal para un deportivo que busca transmitir sensaciones fuertes y dinámicas.
- Mantenimiento simplificado y menor complejidad mecánica, facilitando además el desarrollo conceptual sin necesidad de representar elementos como cajas de cambios o sistemas de escape.

La opción de motor de hidrógeno se descarta debido a que su infraestructura aún es limitada y su eficiencia energética total es menor respecto a la propulsión eléctrica directa por batería. Según un informe de Transport & Environment (2021), el uso de electricidad directa en BEVs (Battery Electric Vehicles) es tres veces más eficiente que su conversión en hidrógeno para pilas de combustible.

Graduado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

Francisco Froján García

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Francisco Froján García', written in a cursive style.

Málaga 20 de junio de 2025

Bibliografía

Referencias bibliográficas

Howard, T. (2024, 13 agosto). How Lancia's WRC trailblazer became a cult classic. How Lancia's WRC Trailblazer Became A Cult Classic. <https://www.autosport.com>

Driving the switch to electric - The Times & The Sunday Times. (2019, 7 junio). The Times & The Sunday Times. <https://www.thetimes.com/static/driving-switch-electric/>

International Energy Agency. (2023). Trends in electric light-duty vehicles. En *Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions* (pp. ...). Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/trends-in-electric-light-duty-vehicles>

Lancia. (s. f.). Lancia: toda la actualidad, novedades y curiosidades de los modelos de coches Lancia | Autobild.es. Auto Bild España. <https://www.autobild.es/coches/lancia/noticias>

Groupe PSA and FCA agree to merge. (s. f.). Fiat | Stellantis Media. <https://www.media.stellantis.com/es-es/fiat/press/groupe-psa-and-fca-agree-to-merge>

The merger of FCA and Groupe PSA has been completed. (s. f.). Stellantis.com. <https://www.stellantis.com/en/news/press-releases/2021/january/the-merger-of-fca-and-groupe-psa-has-been-completed>

Lancia is back! (s. f.). Lancia | Stellantis Media. <https://www.media.stellantis.com/em-en/lancia/press/lancia-is-back>

Milliken, W. F., & Milliken, D. L. (1995). Race Car Vehicle Dynamics. SAE International. <https://www.sae.org/publications/books/content/r-146/>

Bosch. (2023). Bosch Automotive Handbook (10^a ed.). John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Automotive+Handbook%2C+10th+Edition-p-9781119860876>

SAE International. (2023). Vehicle Architecture for Hybrid, Electric, Automated, and Shared Vehicles [Curso].

<https://www.sae.org/learn/content/vehicle-architecture-hybrid-electric-automated-shared-vehicles>

BOARDWALK AUTO GROUP. (2025, 4 abril). The Role of Weight Distribution in the Handling of Exotic Cars | BOARDWALK AUTO GROUP. <https://www.boardwalkautogroup.com/blog/2025/april/4/the-role-of-weight-distribution-in-the-handling-of-exotic-cars.htm>

Automotive basic knowledge: The overall structure of vehicle. (s. f.). <https://www.chinacimc.com/news/Automotive-basic-knowledge--The-overall-structure-of-vehicle-.html#:~:text=Besides%20the%20body%20and%20engine,transmission%20system%20and%20braking%20system>.

Communication, P. (s. f.). Alpine a110 - Alpine Retail Renault Group España. https://www.alpine-rrg.com/es_ES/modelos/alpine-a110

Porsche 718 Cayman. (s. f.). Porsche.com. <https://www.porsche.com/latin-america-es/models/718/718-models/718-cayman/>

Vita, R. G., & Vita, R. G. (2022, 11 marzo). Opinión: ¿Es el Toyota GR Supra un digno heredero o un BMW reformado? Top Gear España. <https://www.topgear.es/deportivos/opinion-toyota-gr-supra-digno-heredero-bmw-reformado-1026593>

Toyota España. (s.f.). Toyota Gazoo Racing: ADN competición. <https://www.toyota.es/world-of-toyota/toyotagazooracing/toyotagr supra/adn-competicion>

Alfa Romeo 4C Spider 1.7 Tbi 176 kW (240 CV) TCT (2015-2019) | Precio y ficha técnica - km77.com. (s. f.). Km77.com. <https://www.km77.com/coches/alfa-romeo/4c/2015/spider/estandar/4c-spider/datos>

Lotus Elise R (2008-2010) | Precio y ficha técnica - km77.com. (s. f.). Km77.com. <https://www.km77.com/coches/lotus/elise/2007/estandar/r/elise-r2/datos>

El nuevo Lancia Stratos, con un motor de 550 CV, por fin entra en producción. (2018, 11 febrero). Marca.com. <https://www.marca.com/motor/salon-ginebra/2018/02/11/5a7ffdda46163f18258b45d9.html>

2024 Global Automotive Consumer Study. (2024, 16 septiembre). Deloitte. <https://www.deloitte.com/nl/en/Industries/automotive/perspectives/global-automotive-consumer-study.html>

marketing. (2025, 31 enero). Consumer Trends - Automotive 2025 - BEAM Fieldwork. BEAM_Fieldwork. <https://www.beamfieldwork.co.uk/consumer-trends-automotive-2025/>

Global Automotive Study 2024: Consumer Confidence Rebounds as Demand for Leasing, EVs, and Digital Features Accelerates. (2024, 14 octubre). Simon-Kucher. <https://www.simon-kucher.com/en/who-we-are/newsroom/global-automotive-study-2024-consumer-confidence-rebounds-demand-leasing-evs>

Soage, N. (2021, 25 septiembre). Minimalismo y digitalización marcan la tendencia del diseño de los próximos coches. Diario ABC. https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-minimalismo-y-digitalizacion-marcan-tendencia-diseno-proximos-coches-202109260026_noticia.html

Estudio global del consumidor de automoción 2025. (2025b, abril 23). Deloitte. <https://www.deloitte.com/es/es/Industries/automotive/perspectives/global-automotive-consumer-study.html>

Sun, Z., & Park, K. (2024). A Study on the Preference of Electric Vehicle Front Design Elements. Applied Sciences, 14(8), 3262. <https://doi.org/10.3390/app14083262>

Yang, Z., & Gao, W. (2011). Figure 1: Total drag and lift coefficient versus diffuser angle. En Influence of Different Diffuser Angle on Sedan's Aerodynamic Characteristics (p. figura 5). Procedia Engineering, 14, 214–225. https://www.researchgate.net/figure/Total-drag-and-lift-coefficient-versus-diffuser-angle_fig1_257706483

Anthony. (2024b, octubre 29). Automotive Aerodynamics 101 – Engineering Cheat Sheet. <https://engineeringcheatsheet.com/body-design-aerodynamics/>

Bisong, M. B., & colaboradores. (2020). Figure 5: Graph of fuel consumption against drag coefficient and frontal area at a constant temperature of -15°C and 30°C for the ten test vehicles. En Study and simulation of the fuel consumption of a vehicle with respect to ambient temperature and weather conditions (p. ?). International Journal of Engineering Technologies and Management Research, 7(1). https://www.researchgate.net/figure/Graph-of-fuel-consumption-against-drag-coefficient-and-frontal-area-at-a-constant_fig4_339110141

Car Design News. (s. f.-b). Home | Car Design News. <https://www.carsdesignnews.com/>

Maheshwari, M. K., & Deshpande, P. A. (2018). CFD in Automotive Design. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/329448175_CFD_in_Automotive_Design

The Mission of SAE International is to advance mobility knowledge and solutions. (2025, 20 junio). <https://www.sae.org/>

SAE International. (s.f.). Computational Fluid Dynamics (CFD) for Automotive Applications. SAE International. <https://www.sae.org>

Golden Ratio. (s. f.). <https://www.goldenratio.org/>

Bell, S. (2021, 22 diciembre). New Nissan Z's design inspiration came from Mathematics, Heritage and Katanas | Carscoops. Carscoops. <https://www.carscoops.com/2021/12/inspiration-for-the-new-nissan-z-came-from-mathematics-heritage-and-katanas/>

FAQ - Type approval of vehicles. (s. f.). Internal Market, Industry, Entrepreneurship And SMEs. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry/technical-harmonisation/faq-type-approval-vehicles_en

FAQ - Type approval of vehicles. (s. f.-b). Internal Market, Industry, Entrepreneurship And SMEs. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry/technical-harmonisation/faq-type-approval-vehicles_en

Enkei - Racing RPF1 wheels. (s. f.). Nengun Performance. <https://www.nengun.com/enkei/racing-rpf1-wheels>

L&M Tire and Wheel. (s. f.). Michelin Pilot Sport Cup 2 - Premium Tires. L&M Tire And Wheel.

<https://www.lmtire-wheel.com/tires/michelin-pilot-sport-cup-2-black-sidewall/36416>

Automotive Production 2025-2030 – Trends & Insights. (s. f.). Store.Frost.com. <https://store.frost.com/automotive-production-trends-and-insights-global-2025-2030.html>

Shehab, E. (2011). Detailed cost estimating in the automotive industry: Data and information requirements [PDF]. International Journal of Production Economics. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.05.018>

Gülke, T., Rumpe, B., Jansen, M., & Axmann, J. (2014, 9 de septiembre). High-Level Requirements Management and Complexity Costs in Automotive Development Projects: A Problem Statement [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1409.2634>

Moawad, A., Islam, E., Kim, N., Vijayagopal, R., Rousseau, A., & Wu, W. B. (2020, 15 de junio). Explainable AI for a No-Teardown Vehicle Component Cost Estimation: A Top-Down Approach [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2006.08828>

RiesgoLab. (s.f.). Ergonomía para conductores. RiesgoLab. <https://www.riesgolab.com/index.php/servicios/ergonomia-en-oficinas/item/952-ergonomia-para-conductores>

Scribd. (s.f.). Fundamentos de ergonomía y diseños de automóviles. Scribd. <https://pt.scribd.com/doc/239500524/Fundamentos-de-Ergonomia-y-Disenos-de-Automoviles>

Lancia Pu+Ra HPE: The concept car of the future | Lancia | Lancia COM. (s. f.). lancia.com. <https://www.lancia.com/lancia-pu-ra-hpe>

Dalmau, J. (2023, 15 mayo). Lancia Pu+Ra HPE, manifiesto de futuro de Lancia | Noticias coches.net. Coches.net. <https://www.coches.net/noticias/nuevo-lancia-pu-ra-hpe-concept>

Gómara, J. (2025, 25 mayo). Stellantis se olvida de Carlos Tavares y cambia su estrategia de coches eléctricos. Híbridos y Eléctricos. https://www.hibridosyelectricos.com/coches/stellantis-abandona-su-gran-plan-adios-objetivo-vender-solo-coches-electricos-en-2030_80092_102.html

Aspectos destacados del Stellantis Investor Day de 2024: diferenciadores estratégicos, flexibilidad única y rendimientos excepcionales. (s. f.). Stellantis | Stellantis Media. <https://www.media.stellantis.com/br-es/corporate-communications/press/aspectos-destacados-del-stellantis-investor-day-de-2024-diferenciadores-estrategicos-flexibilidad-unica-y-rendimientos-excepcionales>

Automotive World. (2025, 26 febrero). Stellantis: Full year 2024 results. Automotive World. <https://www.automotiveworld.com/news-releases/stellantis-full-year-2024-results/>

Official Global Website. (n.d.). Stellantis.com. <https://www.stellantis.com/>

Courtesy page website Fiat. (n.d.). <https://www.lancia.com/heritage/models/stratos-hf>

El viaje hacia el Lancia Design Day: el diseño “brutal” de Stratos, Rally 037 y Delta. (s. f.). Lancia | Stellantis Media. <https://www.media.stellantis.com/es-es/lancia/press/el-viaje-hacia-el-lancia-design-day-el-diseno-brutal-de-stratos-rally-037-y-delta>

Wikipedia-Autoren. (2005, 28 diciembre). Lancia Stratos HF – Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Lancia_Stratos_HF

Aludepot. (2025, January 23). Types and detailed uses of aluminum alloys for automobiles - Huawei Aluminum. *Huawei Aluminio*. <https://aludepot.com/es/blog/types-and-detailed-uses-of-aluminum-alloys-for-automobiles/>

Xianna. (2024, February 16). Guía Completa para el Reciclaje de Fibra de Carbono: Tendencias y Beneficios. Xianna. <https://xianna.net/reciclaje-fibra-de-carbono/>

Estefania. (2025b, November 5). *Todo Sobre la Fibra de Carbono en la Industria Automotriz: Beneficios y Usos*. Xray Chipped Academy. <https://academiaxray.cl/blog/fibra-de-carbono-para-autos/>

Termoplásticos: Características, aplicaciones y avances en la industria. (n.d.). Gester | Maquinaria De Ocasión Para Reciclaje De Plástico. <https://gester.es/es/blog/termoplasticos-caracteristicas-aplicaciones-y-avances-en-la-industria-n34>

Medina, K. (2024, August 5). *Policarbonato para carros*. Stabilit. <https://www.stabilit.com/blog/policarbonato-para-carros/>

Transportation & Mobility - Dassault Systèmes. (2025, February 11). Dassault Systèmes. <https://www.3ds.com/industries/transportation-mobility/>

Audi MediaCenter. (n.d.). Audi MediaCenter. <https://www.audi-mediacenter.com/en>

Referencias visuales

Ilustración 1: Autor desconocido. (s.f.). Lancia Stratos HF subastado [Ilustración]. Car and Driver España.

<https://www.caranddriver.com/es/estilo-de-vida/a38655488/lancia-stratos-hf-subasta/>

Ilustración 2: Motor1 España. (2024, 13 de junio). Lancia Ypsilon 2024: información, motores y precios [Fotografía]. Motor1 España.

<https://es.motor1.com/news/708660/lancia-ypsilon-2024-informacion-motores-precios/>

Ilustración 3: Motor1 España. (2024, 14 de junio). Nuevo Lancia Ypsilon 2024: interior y análisis [Fotografía]. Motor1 España.

<https://es.motor1.com/news/708778/nuevo-lancia-ypsilon-2024-interior-analisis/>

Ilustración 4: Somos Eléctricos. (2024, 10 de junio). Lancia Pura HPE, primer coche eléctrico de la marca [Artículo]. Somos Eléctricos.

<https://sosomelectricos.com/lancia-pura-hpe-primer-coche-electrico-marca/>

Ilustración 5: AutoBild España. (2024, 12 de junio). Lancia Pura HPE desvelado: prototipo adelanta líneas y prestaciones del Ypsilon eléctrico [Artículo]. AutoBild España.

<https://www.autobild.es/noticias/lancia-pura-hpe-desvelado-prototipo-adelanta-lineas-pr-estaciones-ypsilon-electrico-1230388>

Ilustración 6: colaboradores de Wikipedia. (2024, 16 mayo). Motor central. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_central

Ilustración 7: colaboradores de Wikipedia. (2023a, noviembre 9). *Motor trasero*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_trasero

Ilustración 8: colaboradores de Wikipedia. (2022, 17 noviembre). *Motor delantero*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_delantero

Ilustración 9: B, F. (2013, 4 septiembre). *Lancia Stratos Interior*. Pinterest. <https://mx.pinterest.com/pin/374080312769401619/>

Ilustración 10: Fernando, P., & Fernando, P. (2024, October 14). Alpine presenta en el Salón del Automóvil de París su nueva serie limitada A110. . . Alpine. <https://prensa.alpinecars.es/alpine-a110-r-ultime-la-version-de-produccion-de-a110-mas-deportiva-jamas-creada/?lang=spa>

Ilustración 11: Champion Porsche. (s.f.). New 2025 Porsche 718 Cayman Style Edition. <https://www.champion-porsche.com/vehicle-details-new-2025-porsche-718-cayman-style-edition-pompano-beach-fl-id-59401317>

Ilustración 12: Díaz, B. (2020, January 14). Toyota GR Supra 2.0 Turbo: La opción más asequible. Car And Driver. <https://www.caranddriver.com/es/coches/novedades/a30516676/toyota-gr-supra-turbo/>

Ilustración 13: Page 121 | concept cars 1080P, 2K, 4K, 5K HD wallpapers free download | Wallpaper Flare. (s. f.). <https://www.wallpaperflare.com/search?wallpaper=concept+cars&page=121>

Ilustración 14: Autopista. (2015, 20 marzo). Lotus Elise 20 Aniversario, edición especial casi a precio de serie. Autopista. https://www.autopista.es/novedades-coches/lotus-elise-20-aniversario-edicion-especial-casi-a-precio-de-serie_136067_102.html

Ilustración 15: Coches.net. (2023, 15 mayo). Lancia New Stratos: De sueño a serie limitada | Noticias coches.net. Coches.net. https://www.coches.net/noticias/nuevo-lancia-new_stratos

Ilustración 16: Estudio global del consumidor de automoción 2025. (2025, 23 abril). Deloitte. <https://www.deloitte.com/es/es/Industries/automotive/perspectives/global-automotive-consumer-study.html>

Ilustración 17: *Prueba Polestar 4 2025 | Precio y opinión.* (s. f.). carwow.es. <https://www.carwow.es/polestar/4#gref>

Ilustración 18: El nuevo BMW Serie 5 llega por primera vez con una versión totalmente eléctrica. (2023, May 24). Fundación Ibercaja. <https://www.mobilitycity.es/n-oticias/el-nuevo-bmw-serie-5-llega-por-primera-vez-con-una-version-totalmente-electrica/>

Ilustración 19: Randall, C. (2022, June 24). El Mercedes Vision EQXX ofrece una mayor autonomía gracias a una eficiencia mejorada - electrive.com. <https://www.electrive.com/es/2022/01/03/el-mercedes-vision-eqxx-ofrece-una-mayor-autonomia-gracias-a-una-eficiencia-mejorada/>

Ilustración 20: Vivo, E. (2022, May 16). Los faros de Audi son de otro planeta. *NeoMotor*. <https://neomotor.epe.es/coches/los-faros-de-audi-son-de-otro-planeta-FJNM8531>

Ilustración 21: David Plaza, D. P. (2023, February 18). CFD: qué es y por qué es esencial para el diseño de vehículos modernos. *Motor.es*. <https://www.motor.es/que-es/cfd>

Ilustración 22: Oriol. (2020, 13 junio). *Alerón Trasero*. Racing Atmosphere. <https://www.racingatmosphere.net/aerodinamica/aleron-trasero/>

Ilustración 23: Hu, X., Zhang, R., Ye, J., Xu, Y., & Zhao, Z.-M. (2011). *Influence of different diffuser angle on sedan's aerodynamic characteristics*. *Physics Procedia*, 22, 239–245. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2011.11.038>

Ilustración 24: Anthony. (2024, 29 octubre). Automotive Aerodynamics 101 – Engineering Cheat Sheet. <https://engineeringcheatsheet.com/body-design-aerodynamics/>

Ilustración 25: Mbelle, S. B., Paune, F., Lokoue, D. R. B., & Talla, P. K. (2020). *Study and simulation of a program for numerical evaluation of vehicles' fuel consumption due to drag force: Case of light vehicles*. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v7.i1.2020.478>

Ilustración 26: López, P. (2020, 4 abril). Así funciona el túnel del viento del Cupra León de competición. *Diario AS*. https://as.com/motor/2020/04/04/mas_motor/1586023519_990544.html

Ilustración 27: Ayyagari, D. T., & He, Y. (2018). Aerodynamic analysis of an active rear split spoiler for improving lateral stability of high-speed vehicles. *International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing*, 12(3/4), 217–239. <https://doi.org/10.1504/IJVSMT.2017.089978>

Ilustración 28: Osma, M. F. (2020, 11 junio). *El flap Gurney en la Fórmula 1*. *Aerodinámica F1*. <https://www.aerodinamicaf1.com/2020/05/el-flap-gurney-en-la-formula-1/>

Ilustración 41: Pereg, J. R. M. (2023, 30 agosto). Orígenes y aplicaciones de la sucesión de Fibonacci en el arte y el diseño. *Zonamovilidad.es*. <https://www.zonamovilidad.es/el-diseno-del-automovil-que-se-basa-en-la-naturaleza>

Ilustración 42: Movilidad, R. (2022, January 20). Nuevo Nissan Z: elementos de diseño emblemáticos. *Revista Movilidad3*. <https://www.movilidad3.com.mx/2022/01/20/nuevo-nissan-z-elementos-de-diseno-emblematicos/>

Ilustración 98: Weiser, Z., & Weiser, Z. (2018, 5 abril). *40 let Lancia Stratos – (5. díl)*. RALLY LIFE. <https://www.rallylife.cz/40-let-lancia-stratos-5/>

Ilustración 99: Instagram. (n.d.). https://www.instagram.com/p/DKerMnAOj3E/?img_index=1

Ilustración 100: Desconocido. (s.f.). [Fotografía del Lancia Stratos y su rediseño, imagen compartida en Reddit]. Reddit. <https://www.reddit.com/media?url=https%3A%2F%2Fi.redd.it%2Fnleozo9q73861.jpg>

Ilustración 101: Indemat. (2024, February 7). prfv. Indemat. <https://www.indemat.com/prfv/>

Ilustración 102: Usuario, S. (n.d.). Dicrisur - vidrio laminado. <https://www.dicrisur.es/productos/vidrio-fachada-interior/vidrio-laminado>

Ilustración 103: España, C. (2019, November 26). Los Cristales del Tesla Cybertruck ¿Por qué se rompieron? | Carglass. Blog del Experto en Reparación y Sustitución de Lunas | Carglass®. <https://www.carglass.es/blog/carglass-news/cristales-tesla-cybertruck/>