



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Rediseño del núcleo, forma y dimensiones del volante de un vehículo

MEMORIA PRESENTADA POR:

Alejandro Ochoa Alcalá

TUTOR/A:

Néstor Montañés Muñoz y Juan Ivorra Martínez

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Convocatoria de defensa: *Junio 2021*

RESUMEN

“Rediseño del núcleo, forma y dimensiones del volante de un vehículo”

En la actualidad el volante es uno de los pocos elementos de un vehículo que aún conserva la misma estructura que en sus inicios. Actualmente, esto provoca que algunos aspectos de este puedan interferir con el correcto funcionamiento del vehículo debido a la modernización de otros elementos de este. A raíz de esto surge la necesidad de modernizar algunas particularidades de los volantes presentes, por lo que en este trabajo se proponen una serie de modificaciones en el diseño del volante para solucionar las deficiencias del modelo actual.

Originalmente el volante era fabricado a partir de barras de acero o de madera (en modelos más lujosos) y desde entonces ha ido evolucionando a lo que conocemos actualmente por volante. A diferencia de los modelos más antiguos, que eran totalmente macizos, y hechos a partir de materiales de gran dureza, los modelos actuales conservan el núcleo metálico, pero éste está recubierto de materiales que mejoran el tacto y el agarre durante la conducción. Sin embargo, el volante continúa siendo un elemento contundente que, en caso de impacto y de no actuación del airbag, podría provocar graves lesiones en el conductor. Por este motivo, una de las modificaciones que se proponen sería el cambio de material de núcleo por un material compuesto más seguro.

Por otro lado, las dimensiones de los volantes se han ido reduciendo con el paso de las generaciones, pero este continúa manteniendo la misma forma circular/redonda primitiva de los primeros automóviles, aunque algunas marcas comienzan a innovar en este aspecto. Cabe destacar que en ámbitos como la competición de Fórmula 1, los volantes se han modernizado adquiriendo una forma más rectangular con el objetivo de optimizar el espacio del vehículo, proporcionando así a los pilotos una mayor movilidad dentro del vehículo durante la conducción, o incluso en caso de accidente. Por este motivo, se tomarán como ejemplo dichos volantes, y también se planteará una modificación de las dimensiones y de la forma del volante, con el fin de mejorar la movilidad de conductor dentro del automóvil, así como otros aspectos.

Cabe comentar que en el desarrollo del presente trabajo se pretenden abordar diversas disciplinas del ámbito de la Ingeniería Mecánica: pre-diseño y estudio de diseños mediante análisis y simulaciones, estudio de estados tensionales, fijaciones, análisis resistentes, selección de materiales, estudio del proceso de fabricación y presupuesto del producto, entre otras cosas.

SUMMARY

“Redesign the core, shape and dimensions of a vehicle’s steering wheel”

Nowadays, the steering wheel is one of the few elements of a vehicle that still retains the same structure as in its beginnings. Currently, this causes that some aspects of it can interfere with the correct operation of the vehicle due to the modernization of other elements of it. As a result of this arises the need to modernize some particularities of the present steering wheels, so this work proposes a series of modifications in the design of the steering wheel to solve the shortcomings of the current model.

Originally the steering wheel was made from steel or wood bars (in more luxurious models) and since then it has evolved to what we know today as a steering wheel. Unlike the older models, which were completely solid and made from very hard materials, the current models retain the metal core, but it is covered with materials that improve the feel and grip while driving. However, the steering wheel remains a hard element which, in the event of an impact and if the airbag does not deploy, could cause serious injuries to the driver. For this reason, one of the proposed modifications would be to replace the core material with a safer composite material.

On the other hand, the dimensions of the steering wheels have been reduced over the generations, but they continue to maintain the same primitive circular/round shape of the first cars, although some brands are beginning to innovate in this aspect. It should be noted that in areas such as Formula 1 racing, steering wheels have been modernized by acquiring a more rectangular shape with the aim of optimizing the space of the vehicle, thus providing drivers with greater mobility inside the vehicle while driving, or even in the event of an accident. For this reason, these steering wheels will be taken as an example, and a modification of the dimensions and shape of them will also be proposed, in order to improve the driver's mobility inside the car, as well as other aspects.

It is worth mentioning that in the development of this work, several disciplines in the field of Mechanical Engineering will be addressed: pre-design and study of

designs through analysis and simulations, study of stress states, fastenings, strength analysis, selection of materials, study of the manufacturing process and product budget, among other things.

RESUM

“Redisseny del nucli, forma i dimensions del volante d'un vehicle”

En l'actualitat el volant és un dels pocs elements dels vehicles que encara conserva la mateixa estructura que en els seus inicis. Actualment, això provoca que alguns aspectes d'aquest pugui interferir amb el correcte funcionament del vehicle a causa de la modernització d'altres elements d'aquest. Arran d'això sorgeix la necessitat d'evolucionar alguna particularitat del volant present, per la qual cosa, en aquest treball es proposarà una sèrie de modificacions en el disseny del volant per tal de solucionar les deficiències del model actual.

Originalment el volant es fabricava a partir de barres d'acer o de fusta (en models més luxosos) i des de llavors ha anat evolucionat a allò que coneixem actualment per volant. A diferència dels models més antics, que eren totalment massissos i fets a partir de material de gran duresa, els models actuals conserven el nucli metàl·lic, però aquest es troba recobert de materials que milloren el tacte i l'agafada durant la conducció. Però el volant continua seguint un element contundent que, en cas d'impacte i de no actuació de l'airbag, podria provocar greus lesions al conductor. Per aquest motiu una de les modificacions que es proposen seria el canvi del nucli per un material més segur.

Per altre costat, les dimensions del volant s'ha anat reduint amb el pas de les generacions, però continua mantenint la mateixa forma circular/rodó primitiu dels primers automòbils, encara que algunes marques comencen a innovar en aquest aspecte. Cal destacar que en els àmbits com les competicions de Fórmula 1, els volants s'han modernitzat adquirint una forma més rectangular amb l'objectiu d'optimitzar l'espai del vehicle, proporcionant així als pilots una major mobilitat dins del vehicle durant la conducció, o inclús en cas d'accident. Per aquest motiu, s'agafarà com a exemple aquests volants, i també es plantejarà una modificació de dimensions i forma del volant, amb el fi de millorar la mobilitat del conductor dins de l'automòbil, així com altres aspectes.

Cal comentar que amb el desenvolupament del present treball es pretenen tractar diverses disciplines de l'àmbit de l'Enginyeria Mecànica: pre-disseny i estudi de disseny

mitjançant anàlisi i simulacions, estudi d'estats tensionals, fixacions, anàlisis resistents, selecció de materials, estudi dels processos de fabricació i pressupost del producte, entre altres coses.

Tabla de Contenidos

RESUMEN	3
SUMMARY	5
RESUM.....	7
ABREVIATURAS.....	11
LISTADO DE FIGURAS	13
LISTADO DE TABLAS.....	21
1. INTRODUCCIÓN	23
1.1. ANTECEDENTES.....	25
1.1.1. El sistema de dirección	26
1.1.2. La historia del volante en los automóviles.....	28
1.1.3. El volante en la competición	34
1.1.4. Geometría de los volantes	37
1.1.5. La importancia del volante en la seguridad	38
1.1.6. Estructura de los volantes	39
2. OBJETIVOS	41
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	43
3. DESARROLLO PROYECTO	45
3.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS.....	47
Normativa.....	47
Diseño en SolidWorks.....	48
Aplicación de modificaciones	55
3.2. SELECCIÓN DE MATERIALES.....	59

3.3.	SIMULACIÓN.....	66
3.4.	DISEÑO FINAL.	101
3.5.	FABRICACIÓN.....	103
3.6.	ESTUDIO ECONÓMICO.	114
3.7.	CONCLUSIONES	120
4.	APÉNDICES	122
4.1.	PLANOS ACOTADOS.	124
4.2.	REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA.	125

ABREVIATURAS

DRS	Drag Reduction System
NHTSA	National Highway Traffic Administration
RD	Real Decreto
M	Métrica
PLA	Poliácido láctico
PET	Polotereftalato de etileno
PETG	Polotereftalato de etileno con glicol
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
ASA	Acrilonitrilo estireno acrilato
FDS	Factor de seguridad
d	Diámetro
FDM	Fused Deposition Modeling

LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1. Partes del sistema de dirección. Imagen donde se muestra las diferentes partes que forman el sistema de dirección. (A) Volante. (B) Barra de dirección. (C) Caja de dirección. (D) Terminales de dirección. Adaptación de (García Orozco, n.d.)..... 26
- Figura 2. Primer coche Marcus. Imagen donde se puede observar el primer vehículo que disponía de un motor de combustión interna. Adaptación de (Fermín, 2013)..... 28
- Figura 3. Imagen del Patent-motorwagen. Imagen donde se puede observar la configuración del sistema de dirección y la configuración del volante. (*Bens Patent-Motorwagen (1886)*, 2020) 29
- Figura 4. Primer vehículo que utilizó el volante convencional. Imagen donde se puede ver el coche que modificó Alfred, utilizando un volante redondo y modificando el ángulo en que se disponía. (Stark, n.d.) 30
- Figura 5. Modelo T. Imagen donde se puede ver la nueva ubicación del volante que se interpuso al resto. (*Ford Model T Roadster 1923*, n.d.) 31
- Figura 6. Interior del Cadillac Series 61 Seda. Imagen donde se puede observar el tipo de interior que se montaban en los años 30 y como se usaba la madera como material de lujo. (*1951 Cadillac Series 61 Sedan, Exeter Green, 331 V8, New Vinyl*, n.d.) 32
- Figura 7. Interior del Audi TT RS Coupé. Imagen donde se puede ver la zona plana que aumenta el espacio en los coches deportivos y relieves para mejorar el agarre del volante. (Cabrera, n.d.) 34
- Figura 8. Volante de Fórmula 1. Imagen donde se puede ver los diferentes elementos que componen un volante de Fórmula 1. (Vie, 2015) 35
- Figura 9. Posición de un piloto de Fórmula 1. Imagen donde muestra la posición en que conduce un piloto de fórmula 1. (*Coches Montables*, n.d.) 36
- Figura 10. Núcleo metálico de un volante. Imagen donde se muestra el esqueleto metálico de un volante de coche. (*No Title*, n.d.-a) 40
- Figura 11. Volante de fórmula 1. (*Volante Ferrari F1 Add-On*, n.d.) 44
- Figura 12. Funda universal de recambios Aranda. Imagen donde se puede ver el rango de dimensiones en que varían el diámetro exterior del volante. Adaptación de (*Aranda*, n.d.) 48

Figura 13. Explicación de cómo medir un volante el diámetro exterior del volante. Imagen donde te muestra el modo de medir un volante para pedir una funda para este. Además, se puede observar el rango de dimensiones que tienen los volantes. Adaptación de (<i>Cómo Poner Una Funda Para Volante</i> , n.d.).....	49
Figura 14. Diseño del aro exterior. Captura del programa SolidWorks donde se puede ver el diámetro exterior seleccionado.....	50
Figura 15. Explicación de cómo medir la sección del volante. Imagen donde te muestra el modo de medir un volante para pedir una funda para este. Además, se puede observar el rango de dimensiones que tienen los volantes. Adaptación de (<i>Cómo Poner Una Funda Para Volante</i> , n.d.)	51
Figura 16. Diseño de la sección del volante. Captura del programa SolidWorks donde se puede ver la sección seleccionada.....	52
Figura 17. Diseño de los radios del volante. Capturas del programa SolidWorks donde se ve los pasos seguidos para realizar los diferentes radios que componen el volante. (A) Contorno del radio inferior. (B) Extrusión del radio inferior. (C) Croquis de los radios laterales. (D) Croquis de los radios laterales. (E) Resultado final	53
Figura 18. Diseño del buje central del volante. Captura del programa SolidWorks donde se ven las dimensiones del buje central y la zona de unión entre el volante y este.....	54
Figura 19. Resultado final del diseño en SolidWorks	54
Figura 20. Volante del Mercedes Clase E coupé. Imagen donde se puede observar la zona recta que se empieza a incorporar en algunos modelos para aumentar el espacio disponible para el conductor. Adaptación de (<i>No Title</i> , n.d.-b).....	55
Figura 21. Fotografía del espacio disponible en un coche. Imagen donde se muestra la limitación de espacio para algunas personas en modelos determinados de vehículos (Vista frontal).....	56
Figura 22. Fotografía del espacio disponible en un coche. Imagen donde se muestra la limitación de espacio para algunas personas en modelos determinados de vehículos (Vista lateral).....	56
Figura 23. Fotografía de la colocación recomendada según autoescuelas. Imagen donde se muestra la colocación de la mano izquierda entre las 9-10h.	57

Figura 24. Rediseño del volante aplicando las modificaciones. Captura del programa SolidWorks donde se muestra el croquis utilizado para diseñar el aro exterior del volante a partir de la experiencia propia y recomendaciones externas.	58
Figura 25. Comparativa entre el rediseño y un volante de Fórmula 1. Imagen donde se puede observar cómo ambos volantes tienen formas muy parecidas.	59
Figura 26. Búsqueda de una aleación de magnesio de uso automovilístico. Captura del programa GRANTA EduPack donde se puede observar el magnesio que se utiliza y la descripción donde indica que se usa como material para coches.	60
Figura 27. Página de venta de maquinaria para realizar ensayos. Imagen donde se puede ver la marca Dyna-mess, una distribuidora de maquinaria para realizar ensayos a elementos del vehículo. En esta imagen se puede ver una pequeña explicación de los ensayos que puede realizar su máquina para ensayos de volantes. (<i>Steering Wheel Testing</i> , n.d.).....	67
Figura 28. Selección del magnesio en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.	68
Figura 29. Sujeción que tendrá el diseño para realizar la simulación. Captura del programa SolidWorks donde se ve el punto donde se inserta el punto de sujeción del volante.....	69
Figura 30. Punto de aplicación de la carga axial. Captura del programa SolidWorks donde se ve el punto, dirección y valor de la carga axial que se aplicará en la simulación.	70
Figura 31. Tensiones de Von Mises del diseño original con magnesio y una carga axial	71
Figura 32. FDS del diseño original con magnesio y una carga axial.....	72
Figura 33. Selección del ABS en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.	73
Figura 34. Tensiones de Von Mises del diseño original con ABS y una carga axial	74
Figura 35. FDS del diseño original con ABS y una carga axial	74

Figura 36. Selección del PETG en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.	75
Figura 37. Tensiones de Von Mises del diseño original con PETG y una carga axial. ...	76
Figura 38. FDS del diseño original con PETG y una carga axial	76
Figura 39. Selección del PET + Fibra de vidrio en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.	77
Figura 40. Tensiones de Von Mises del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.....	78
Figura 41. FDS del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.....	78
Figura 42. Tensiones de Von Mises del diseño original con ASA y una carga axial.	79
Figura 43. FDS del diseño original con ASA y una carga axial.	79
Figura 44. Aumento en el espesor en el diseño. Captura de los resultados de las simulaciones en SolidWorks con un espesor de buje de 20 mm.	81
Figura 45. Imagen de la máquina de ensayos de la empresa IPG Automitive. (IPG Automitive, n.d.).....	82
Figura 46. Características de la máquina de ensayos para volantes de la empresa IPG Automitive. Imagen donde se puede ver las características de dicha máquina y donde se puede observar el par máximo que es capaz de simular.....	83
Figura 47. Punto de aplicación de la carga tangencial. Captura del programa SolidWorks donde se ve el punto, dirección y valor de la carga axial que se aplicará en la simulación.	84
Figura 48. Tensiones de Von Mises del diseño original con magnesio y una carga tangencial.....	84
Figura 49. FDS del diseño original con magnesio y una carga tangencial.....	85
Figura 50. Tensiones de Von Mises del diseño original con ABS y una carga tangencial.	85
Figura 51. FDS del diseño original con ABS y una carga tangencial.	86

Figura 52. Tensiones de Von Mises del diseño original con PETG y una carga tangencial.	86
Figura 53. FDS del diseño original con PETG y una carga tangencial.....	87
Figura 54. Tensiones de Von Mises del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial.	87
Figura 55. FDS del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial. .	88
Figura 56. Tensiones de Von Mises del diseño original con ASA y una carga tangencial.	88
Figura 57. FDS del diseño original con ASA y una carga tangencial.....	89
Figura 58. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con magnesio y una carga axial.	90
Figura 59. FDS del diseño modificado con magnesio y una carga axial.	91
Figura 60. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ABS y una carga axial.	91
Figura 61. FDS del diseño modificado con ABS y una carga axial.....	92
Figura 62. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PETG y una carga axial.	92
Figura 63. FDS del diseño modificado con PETG y una carga axial.	93
Figura 64. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.	93
Figura 65. FDS del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.	94
Figura 66. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ASA y una carga axial.	94
Figura 67. FDS del diseño modificado con ASA y una carga axial.	95
Figura 68. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con magnesio y una carga tangencial.....	96
Figura 69. FDS del diseño modificado con magnesio y una carga tangencial.....	96
Figura 70. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ABS y una carga tangencial.....	97

Figura 71. FDS del diseño modificado con ABS y una carga tangencial.....	97
Figura 72. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PETG y una carga tangencial.....	98
Figura 73. FDS del diseño modificado con PETG y una carga tangencial.	98
Figura 74. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial.	99
Figura 75. FDS del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial.	99
Figura 76. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ASA y una carga tangencial.....	100
Figura 77. FDS del diseño modificado con ASA y una carga tangencial.	100
Figura 78. Imagen de una impresora 3D FDM. (<i>Impresora 3D-FDM «LK1 Pro», n.d.</i>) ..	104
Figura 79. Posición del volante con el aro apoyado en la cama. Captura donde se muestra la suportación generada automática por el programa CURA cuando se coloca el volante con el aro apoyado con la cama de la impresora 3D.	106
Figura 80. Tiempo y material gastado para la impresión con el aro apoyado en la cama. Captura del programa CURA donde se muestra una aproximación en tiempo y material de la impresión con el aro apoyado en la cama.	107
Figura 81. Posición del volante con el buje apoyado en la cama. Captura donde se muestra la suportación generada automática por el programa CURA cuando se coloca el volante con el buje apoyado con la cama de la impresora 3D.	107
Figura 82. Tiempo y material gastado para la impresión con el buje apoyado en la cama. Captura del programa CURA donde se muestra una aproximación en tiempo y material de la impresión con el buje apoyado en la cama.....	108
Figura 83. Posición del volante en vertical a la cama. Captura donde se muestra la suportación generada automática por el programa CURA cuando se coloca el volante en vertical a la cama de la impresora 3D.....	109
Figura 84. Tiempo y material gastado para la impresión con el buje apoyado en la cama. Captura del programa CURA donde se muestra una aproximación en tiempo y material de la impresión con el buje apoyado en la cama.....	109

Figura 85. Impresora TRONXY X5SA-500 PRO. (<i>Tronxy X5SA-500 PRO Impresora 3D FDM Ultra Silencioso - Negro Enchufe UK, n.d.</i>).....	110
Figura 86. Características de la impresora 3D TRONXY X5SA-500 PRO. (<i>Tronxy X5SA-500 PRO Impresora 3D FDM Ultra Silencioso - Negro Enchufe UK, n.d.</i>).....	111
Figura 87. Trenzado para fijar la funda al volante. Imagen donde se muestra el trenzado que se debe realizar a la funda del volante para que ésta quede bien fijada al volante. (<i>Costuras Artesanales En El Forro Del Volante de Cuero., n.d.</i>)	112
Figura 88. Funda para volante.....	113
Figura 89. Captura del precio de la impresora. (<i>TRONXY® X5SA-500PRO Impresora 3D de Aluminio Mejorada 500 * 500 * 600 Mm Tamaño de Impresión Grande Con Extrusora Titan Modo Ultra Silencioso OSG Guía de Doble Eje, n.d.</i>)	115
Figura 90. Desglose de costes durante la impresión	117
Figura 91. Presupuesto de fabricación del diseño por impresión 3D	119

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Características del magnesio. Tabla con las características de la aleación de magnesio elegida mediante el programa GRANTA EduPack.....	61
Tabla 2. Características del PETG. Tabla con las características de la aleación de PETG elegido mediante el programa GRANTA EduPack.	63
Tabla 3. Características del ASA. Tabla con las características de la aleación de ASA elegida mediante el programa GRANTA EduPack.....	63
Tabla 4. Características del PET+ fibra de vidrio. Tabla con las características de la aleación de PET con un 15% de fibra de vidrio elegido mediante el programa GRANTA EduPack.	64
Tabla 5. Características del ABS. Tabla con las características de la aleación de ABS mediante el programa GRANTA EduPack.	64
Tabla 6. Comparativa de las características de los materiales seleccionados.....	65
Tabla 7. Tabla comparativa de los resultados del diseño original con una carga axial.	80
Tabla 8. Tabla comparativa de los resultados del diseño original con una carga tangencial.....	89
Tabla 9. Tabla comparativa de los resultados del diseño modificado con una carga axial.....	95
Tabla 10. Tabla comparativa de los resultados del diseño modificado con una carga tangencial.....	100
Tabla 11. Tabla con otros criterios para tener en cuenta.....	101

1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

1.1. ANTECEDENTES.

Los vehículos son un elemento de la vida cotidiana que está en constante evolución, ya sea desde un punto de vista tecnológico, debido a una innovación o a una mejora de funciones ya existentes. Además del vehículo, los propios usuarios de estos también han ido evolucionando con el paso del tiempo. Por ese motivo, es importante que los fabricantes de vehículos estén al tanto de las demandas de los conductores, así como de las tendencias del momento. A pesar de estos en ocasiones se pasan aspectos por alto.

Debido al constante cambio de tecnología y búsqueda de innovación, se puede observar que, desde sus orígenes, los vehículos han sufrido un gran número de cambios o mejoras desde entonces. Un ejemplo de estos cambios es el incremento de las curvas en la carrocería con el objetivo de mejorar la aerodinámica del vehículo, dejando de lado las líneas rectas que se observaban en modelos más antiguos, mejorando así el consumo de los vehículos y la seguridad en caso de impacto. Otro ejemplo de este proceso de innovación lo encontramos en el cambio de material del chasis por otros con mejores características y menor peso. Aunque es cierto que desde sus inicios ha habido muchos cambios, existen elementos que desde sus inicios no han sufrido grandes variaciones, como es el caso del volante.

A lo largo del presente trabajo se explicará qué es el sistema de dirección y el papel del volante en la conducción dentro de este sistema de dirección. Además, se realizará un repaso de la evolución del volante en la historia del vehículo. Llegados a este punto, analizaremos los problemas de diseño que tienen los modelos actuales sobre los cuales se propondrá una serie de alternativas y/o soluciones para éstos.

1. Introducción

1.1.1. El sistema de dirección

El volante es uno de los elementos que forman el sistema de dirección, que es el encargado de orientar las ruedas en la dirección que el conductor indica, siempre con algunas limitaciones. Aunque puede haber variaciones en los modelos más modernos, este sistema de dirección está formado principalmente por los siguientes elementos (**Figura 1**): el volante, es el elemento que el conductor controla; la columna de dirección, es la encargada de unir el volante con la caja de dirección; la caja de dirección, se encarga de transformar el movimiento rotativo del volante y la barra de dirección, en uno lineal que se transmita a las ruedas; y por último, los terminales de dirección, los encargados de transmitir el movimiento a las ruedas (García Orozco, n.d.; Navarrete, n.d.).

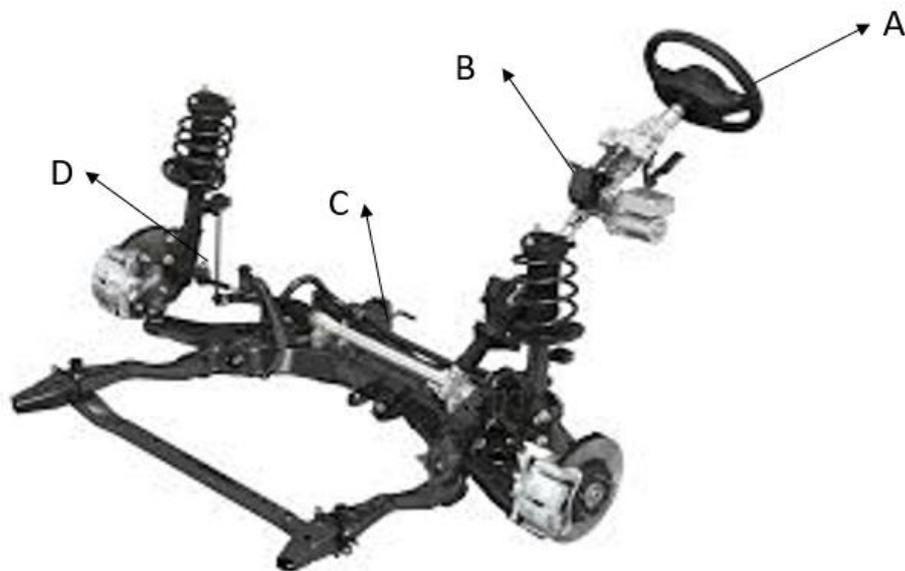


Figura 1. Partes del sistema de dirección. Imagen donde se muestra las diferentes partes que forman el sistema de dirección. (A) Volante. (B) Barra de dirección. (C) Caja de dirección. (D) Terminales de dirección. Adaptación de (García Orozco, n.d.)

1. Introducción

Todos estos sistemas han tenido diferentes mejoras a lo largo de los años, tanto por motivos de seguridad, cómo por nuevas y mejoradas tecnologías. Por ejemplo, las barras de dirección pasaron de ser totalmente rígidas a estar formadas por varias piezas para mejorar la seguridad de los ocupantes en caso de colisión. También la caja de dirección ha sufrido algunos cambios, puesto que originalmente consistía tan sólo en un eje rígido y no disponía de ningún sistema que te ayudará a la hora de girar el vehículo como en la actualidad (*Funcionamiento y Elementos de Los Que Se Compone El Sistema de Dirección de Un Vehículo, 2017*).

Pero si hablamos del volante como sistema para modificar la trayectoria de un vehículo, este no es un elemento exclusivo del automóvil, todo vehículo dispone de volante o de elementos controlados por el conductor con el fin de dirigir el vehículo, a excepción de aquellos que se mueven a través de guías o carriles. Podemos encontrar el volante en un sinnúmero de configuraciones, como los manillares en las bicicletas los cuales son una barra hueca que directamente gira las ruedas o, los mandos de algunos aviones, que son palancas que le proporcionan maniobrabilidad en todas direcciones al piloto mediante diferentes sistemas electrónicos.

En cuanto a los coches cabe destacar que los volantes no siempre han sido una circunferencia, estos han sufrido grandes modificaciones desde el primer vehículo registrado. Sin embargo, en la historia reciente, la morfología del volante ha sufrido pocos cambios hasta la actualidad. Que este elemento no haya sufrido muchos cambios desde sus inicios no implica, en ningún caso, que el sistema sea perfecto. Más adelante se expondrán diferentes problemas del diseño actual del volante.

1. Introducción

1.1.2. La historia del volante en los automóviles

Como se ha mencionado anteriormente, existen diferentes configuraciones de volantes, pero los volantes redondos no aparecieron con los automóviles, sino que otros vehículos como embarcaciones ya lo usaban antes que ellos. Hay que añadir que la historia del primer automóvil siempre ha sido bastante difusa y con diferentes patentes e inventores a lo largo del mundo que peleaban por la atribución de los derechos de este.

En 1864 por Siegfried Marcus diseño el primer motor de combustión interna a base de gasolina, al cual le puso cuatro ruedas, una silla y un sistema de control redondo (*Historia Del Autmóvil*, n.d.). Como se puede observar en la imagen (**Figura 2**) paso de la incómoda y poco ergonómica palanca que usaban otros vehículos anteriores a éste, a un aro metálico como los actuales (Fermín, 2013). La pequeña diferencia con respecto a los modelos actuales era su posición totalmente vertical. Esta posición supuso una mejora en comodidad a la hora de realizar giros, aunque seguía siendo incómoda para las extremidades y no muy popular para la gente.



Figura 2. Primer coche Marcus. Imagen donde se puede observar el primer vehículo que disponía de un motor de combustión interna. Adaptación de (Fermín, 2013)

1. Introducción

El modelo *Benz Patent-Motorwagen*, aunque no fue el primer coche registrado, fue el más famoso de ellos y el que se le atribuye el título del primer coche. Éste apareció en 1886 por parte de Karl Friedrich Benz. Aunque más que un coche como tal, se parecía a un triciclo enorme con un motor incorporado. Éste no disponía de lo que actualmente conocemos como un volante, este automóvil, poseía de una manivela en el centro del vehículo con la que el conductor giraba su única rueda delantera, en ocasiones disponía de una manivela con dos asas para facilitar el giro (**Figura 3**). Que el volante fuera central ayudó a que la gente que conducía carruajes se acostumbrara a su manejo y no rechazará este novedoso invento, posición que se modificará con el tiempo (Adler, 2008; Stark, n.d.). Esta configuración tenía un gran inconveniente y era el enorme esfuerzo que debía poner el conductor cuando tenía que realizar algún giro pronunciado o el vehículo tenía un gran peso, pudiendo llegar a ser imposible la maniobra o teniendo que realizarse en varias fases.



Figura 3. Imagen del Patent-motorwagen. Imagen donde se puede observar la configuración del sistema de dirección y la configuración del volante. (*Benz Patent-Motorwagen (1886)*, 2020)

Varios años después, en 1894, por parte de Alfred Vacheron en la carrera París-Rouen, intentó nuevamente esta modificación, pero con ligeros cambios. Alfred modificó su Panhard 4hp, pasando de usar un timón, como en el Patent-Motorwagen, para dirigir su dirección con un aro metálico y, a diferencia de Marcus, él modificó el ángulo en que se colocaba el volante para hacerlo más cómodo para el conductor; apareciendo el primer

1. Introducción

volante como nosotros entendemos (**Figura 4**). A diferencia de en 1888, en esta modificación sí que tuvo impacto en la gente, ya que esta mejora suponía una mayor maniobrabilidad en curvas, ventaja muy útil en la competición donde a mayor velocidad más difícil manejar en las curvas. Como anécdota, remarcar que a pesar de estas modificaciones Alfred Vachero no ganó dicha carrera, sino que quedó en la undécima posición (*El Volante Una Historia No Tan Redonda*, n.d.; Hernández, n.d.; Tixce, 2017).

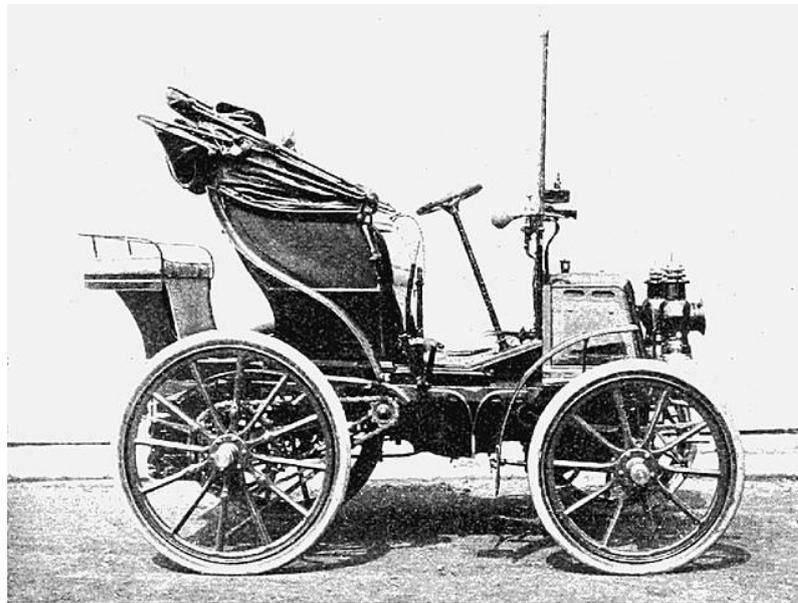


Figura 4. Primer vehículo que utilizó el volante convencional. Imagen donde se puede ver el coche que modificó Alfred, utilizando un volante redondo y modificando el ángulo en que se disponía. (Stark, n.d.)

Aunque esta modificación tuvo bastante éxito, tuvieron que pasar varios años hasta que se vio el primer coche comercial con esta mejora. Aunque no queda claro cuándo se empezó a comercializar este modelo, se habla de dos fechas bastante próximas entre ellas. La primera en 1894, cuando tras el éxito del volante en la carrera París-Rouen, el fabricante Panhard incorporó en su modelo Levassor el primer volante. La segunda, en 1902 cuando Rambler, fabricante estadounidense de automóviles, lo incorporó en todos sus modelos de serie (Stark, n.d.; Tixce, 2017).

1. Introducción

En los años posteriores, los nuevos volantes estuvieron en una época de prueba y error, donde se modificaron tamaños posiciones y otros elementos. Pero el coche aún era un objeto de lujo para la mayoría de las personas, hasta que en 1908 Henry Ford revolucionó el mundo del automóvil con sus líneas de montaje, la cual provocó un aumento de la producción y reducción de coste, lo que llevó al *Model T* que pudieran llegar a más gente (C.O.G, 2017).

Hasta ese momento la disposición del volante era caótica, no teniendo nada establecido y pudiendo situarse a la derecha, a la izquierda o incluso en el centro del habitáculo. El Modelo T serviría como estándar para las posteriores generaciones de vehículos, ya que contaba con un volante metálico dispuesto a la izquierda del vehículo (Figura 5).



Figura 5. Modelo T. Imagen donde se puede ver la nueva ubicación del volante que se interpuso al resto. (Ford Model T Roadster 1923, n.d.)

Fue a partir de la primera Guerra Mundial en 1914 donde se pudo observar de primera mano el gran invento que era el automóvil, gracias a los diferentes vehículos militares o los vehículos de ayuda sanitaria se evaluar tanto su velocidad como su utilidad. Como consecuencia de esto, en los años posteriores se impulsó la fabricación de estos automóviles (Tixce, 2017).

1. Introducción

A partir de aquí las cosas no cambiaron demasiado, a medida que pasaron los años, y mientras aún no estaba la dirección asistida, los automóviles fueron incrementado el tamaño de sus volantes para minimizar el esfuerzo de girar las ruedas, ya que, a mayor radio menor es la fuerza que necesita aplicar el conductor para efectuar el giro.

En los años 30 se puede observar como el volante empezó a coger importancia en cuanto a diseño del vehículo se refiere, se comenzó a fabricar con diferentes materiales y estilos. Las marcas más lujosas como Cadillac empezaron a usar materiales más lujosos como madera para decorar en sus volantes (**Figura 6**). Además, se comienza a modificar los radios del volante y añadir otros accesorios a él. Un accesorio que destacar es la bocina, elemento que hasta entonces consistía en un saco que se accionaba manualmente, pero que a partir de este momento se cambiaría por un botón central. Esto facilitó el accionamiento de la bocina independientemente de la posición del volante, de manera que el conductor no tuviera que retirar durante un gran lapso las manos del volante (Stark, n.d.; Tixce, 2017).



Figura 6. Interior del Cadillac Series 61 Seda. Imagen donde se puede observar el tipo de interior que se montaban en los años 30 y como se usaba la madera como material de lujo. (1951 Cadillac Series 61 Sedan, Exeter Green, 331 V8, New Vinyl, n.d.)

1. Introducción

En este punto de la historia empieza a tener relevancia un tema muy importante en los automóviles y que en el futuro sería uno de los puntos más importantes a la hora de diseñar un vehículo, y este es la seguridad.

En los años 60, los volantes empiezan a recubrirse con materiales acolchados para mejorar su agarre y evitar lesiones cuando el conductor impactara con el volante tras una colisión. A partir de aquí, el sistema de dirección evolucionó en gran medida, comenzando por elementos como la columna reclinable o incluso el airbag; elementos que han salvado millones de vidas en las carreteras (Tixce, 2017).

Fue en los años 90 cuando las marcas de vehículos le dieron una nueva función al volante, la de albergar diferentes botones con funcionalidades diversas dentro del vehículo. Anteriormente, todos estos botones se localizan por todo el habitáculo pudiendo hacer peligroso su acceso durante la conducción. Esta mejora ayudaba a que el conductor dispusiera de los diferentes botones a su disposición y en ningún momento tuviera que soltar el volante, cosa que podría provocar un accidente.

En la actualidad los volantes comienzan a sufrir una nueva modificación en sus diseños como se puede ver en la imagen inferior (**Figura 7**). En dicha imagen se puede observar como el volante que nos acompañaba desde el 1894 cuando Alfred Vacheron lo incorporó en su vehículo como comodidad, ha sido cortado en su parte inferior. Aunque algunos pueden pensar que este cambio en la forma del volante o no tiene sentido o es antiestética, este cambio tiene una función muy útil y es la de proporcionar mayor espacio para el habitáculo. Esta pequeña modificación se ha empezado a incorporar en modelos deportivos donde el espacio es muy limitado y cualquier ahorro de espacio es primordial (Ares, 2011).

Además, actualmente se puede observar otra tendencia en los volantes que, aunque menos llamativa que la anterior, proporciona una gran ventaja en la conducción. En los años anteriores el aro del volante era un cilindro perfecto que en ocasiones era incómodo durante su sujeción y podría provocar que las manos se pudieran resbalar. Por este motivo se utilizan relieves a la altura de la posición de las manos (**Figura 7**), que

1. Introducción

mejora enormemente el agarre del volante por parte del conductor y así tener un agarre más ergonómico (Ares, 2011).



Figura 7. Interior del Audi TT RS Coupé. Imagen donde se puede ver la zona plana que aumenta el espacio en los coches deportivos y relieves para mejorar el agarre del volante. (Cabrera, n.d.)

1.1.3. El volante en la competición

Tal y como se ha comentado anteriormente, los volantes no son iguales en todos los ámbitos y si se observa el mundo de la competición, concretamente aquellos donde el habitáculo es monoplace, éstos difieren en gran medida de los volantes que presentan los vehículos convencionales. El caso más claro se encuentra en los vehículos de Fórmula 1, donde los pilotos no disponen de mucho espacio en su habitáculo y pasan bastante tiempo con las manos en el volante, por este motivo el volante evolucionó a una forma más ergonómica.

1. Introducción



Figura 8. Volante de Fórmula 1. Imagen donde se puede ver los diferentes elementos que componen un volante de Fórmula 1. (Vie, 2015)

Como se puede observar (**Figura 8**) estos disponen de una gran cantidad de botones, a partir de los cuales el piloto es capaz de activar todas las funciones del vehículo; desde el DSR hasta el límite de velocidad para los pits (Lugar donde los pilotos llevan sus vehículos para el cambio de neumáticos o repostaje de combustible durante una carrera) (Vie, 2015).

No es descabellado pensar que el futuro de los volantes de los coches convencionales acabará pareciéndose a éstos, ya que no es la primera vez que un sistema que se usa en la competición pase a los coches cotidianos. Un ejemplo de esto son los cambios de marcha por levas, los cuales llegaron a nosotros para ayudar a las personas con movilidad limitada; o la suspensión, que después de ser prohibida en la Fórmula 1 por su peligrosidad se hizo indispensable para la conducción diaria (Paréntesis, 2019).

Pero los volantes no sólo se diferencian en la cantidad de tecnología que disponen en ellos, sino que incluso la forma se aleja de nuestros estándares. En competición, los volantes cambian su morfología convencional de circunferencia por una más parecida a un rectángulo. Esta forma soluciona varios puntos importantes en la competición, el primero es la limitación de espacio de estos vehículos los cuales tienen que sacrificar este aspecto por tal de reducir peso o mejorar la aerodinámica de éste; el segundo sería

1. Introducción

mejorar la visibilidad del piloto mientras conduce. Éstos se encuentran en una posición semitumbados (**Figura 9**) la cual favorece la aerodinámica del vehículo y baja el centro de gravedad de éste. El hecho de estar en esta posición supone que el campo de visión del piloto es mucho más reducido que en la conducción convencional, por lo que un volante con forma circular limitaría en gran medida la visibilidad del piloto y podría suponer un riesgo para él (Tellaetxe, 2013).

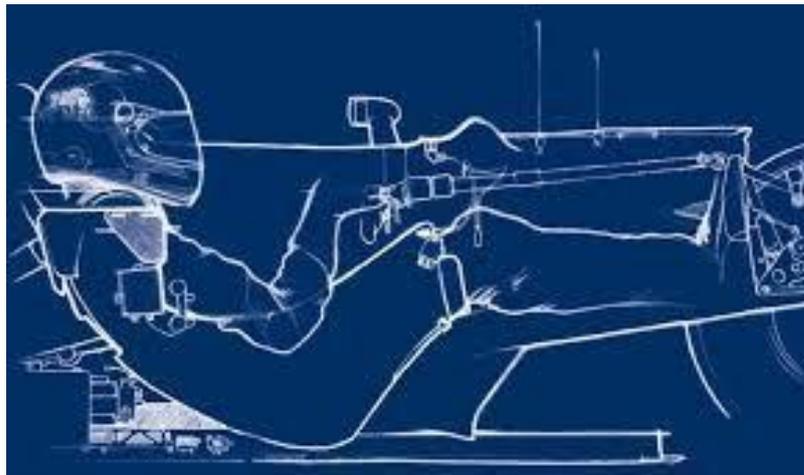


Figura 9. Posición de un piloto de Fórmula 1. Imagen donde muestra la posición en que conduce un piloto de fórmula 1. (Coches Montables, n.d.)

Aunque este último problema no aparece en gran medida en nuestros vehículos, debido a que nuestra posición permite una mayor visibilidad, en algunos modelos de vehículos, dependiendo de nuestra altura o de nuestra posición en el asiento, el volante puede obstaculizar nuestra visión de los diferentes indicadores del cuadro de mandos y provocar situaciones donde no somos capaces de determinar nuestra velocidad o nos podemos ver si tenemos algún indicador encendido.

En muchas ocasiones este problema tiene fácil solución y con sólo regular la posición de volante o del asiento se puede evitar este problema, pero en casos donde el volante no se puede regular y el conductor se encuentra ya en una posición correcta pueden surgir problemas de visibilidad. Una alternativa a dicho problema sería modificar la morfología de los volantes de manera similar a la que observamos en

1. Introducción

modelos de competición de Fórmula 1 para que al menos la parte superior del volante no interfiera en la visibilidad del conductor.

1.1.4. Geometría de los volantes

Después de analizar diferentes aspectos del volante y su evolución con el paso de los años, aún queda por responder una pregunta clave. ¿Por qué los volantes son redondos? ¿Existe alguna razón de peso por la que no tenga una morfología triangular o de palanca como otros vehículos? Esta forma tiene diversos motivos de ser, el principal es que una forma redondeada permite al usuario realizar giros más cerrados, como los que se realizan mientras se aparca, a diferencia de los Fórmulas 1 donde apenas aparece este tipo de movimientos y no necesitan dicha forma. Otro motivo es que la forma redonda no supone ningún inconveniente para la sujeción del volante, puesto que su morfología permite agarrarlo de la misma forma independientemente de su posición, por lo que no se necesitará demasiado esfuerzo en el giro. Otro aspecto para tener en cuenta sería la seguridad, ya que al no tener ninguna arista proporciona mayor seguridad al piloto en caso de impacto contra el volante. Además, la fabricación de objetos redondos es mucho más simple por lo que supone un ahorro de producción frente a otras formas más complejas (Azuma, 2021).

Finalmente, la simetría y la estética del vehículo también es un aspecto importante. Como se ha comentado anteriormente, a partir de los años 30, el volante comenzó a incluirse dentro de la estética del vehículo e incluso hacer de reclamo para los compradores. La incorporación de diferentes botones y funciones son elementos que hacen más atractivo al coche (Azuma, 2021).

Por ese motivo, a diferencia de otros polígonos, el círculo es uno de los pocos que tienen infinitos ejes de simetría, por lo cual independientemente de su última posición siempre estará en su posición y mantendrá su estética. Ya que el tema de la simetría es un punto clave en el diseño y estéticas de los vehículos, que de no cumplirse puede afectar negativamente a las opiniones de los compradores (Azuma, 2021).

1. Introducción

1.1.5. La importancia del volante en la seguridad

Una vez analizada la historia del volante en el mundo de la automoción, desde sus inicios, con el primer modelo que incorpora un volante redondo hasta los futuristas volantes con múltiple de botones, a continuación, analizaremos el volante desde el punto de vista de la seguridad, puesto que este elemento es clave en caso de colisión ya que dispone de uno de los dispositivos que ha salvado más vidas al volante, el airbag.

El airbag se inventó en 1971 por la marca Mercedes-Benz, este consiste en una bolsa de aire que se infla con ayuda de un gas producido por la reacción química tras activarse mediante sensores del vehículo después de detectarse un impacto. Pero este maravilloso invento solo se incorporó hasta el 1981 en uno de sus modelos (Cano, 2020).

Hay que tener en cuenta que los accidentes más frecuentes son los impactos frontales, donde el vehículo impacta con su parte delantera con un ángulo de 90° con un objeto en movimiento o estático. Para que se active el airbag no solo hay que tener en cuenta la velocidad a la que va el vehículo, sino la desaceleración que sufre éste con el impacto, aunque se pueden simplificar el cálculo. Según la NHTSA (National Highway Traffic Administration) indica que “el airbag saltará cuando se produzca una colisión equivalente al choque de un coche contra un sólido a una velocidad de unos 27 o 28 kilómetros por hora”. Aunque hay que destacar que hay muchos más factores que entran en juego a la hora de un impacto, si se cambiara el muro por un vehículo podría llegar hasta el doble de velocidad para activarse (*¿A Que Velocidad Salta Un Airbag?*, n.d.).

El problema reside en impactos donde no se llega a activar el airbag y el cinturón no retiene suficiente al ocupante, provocando que éste pueda llegar a impactar contra el volante. Hay que recordar que, aunque los fabricantes de vehículos envuelvan el volante en telas y piezas acolchadas, sigue teniendo un núcleo metálico y en consecuencia sigue siendo un objeto contundente, por lo que si impactamos a las velocidades mencionadas anteriormente podría producir lesiones graves.

Una solución a dicho problema podría ser modificar el material con que se fabrican los núcleos de los volantes y utilizar otros materiales de menor dureza. Una posible alternativa a dicho material sería la utilización de materiales compuestos como

1. Introducción

plásticos, que tienen menos dureza y pesan menos que el metal. Con esto obtendremos mejor seguridad, debido a que es un material más seguro en caso de impacto del conductor contra él, ya que tiene menor dureza y menor peso, aunque no será llamativo el cambio en este caso debido a que su peso ya está bastante reducido.

1.1.6. Estructura de los volantes

Teniendo en cuenta lo peligroso que puede resultar un impacto frontal contra el volante, ¿Por qué éste tiene un núcleo metálico? Uno de los principales motivos es que siempre lo ha sido. En los primeros modelos, donde no existía la dirección asistida y cada giro que se debía de realizar necesitaba de un gran esfuerzo por parte del conductor, se podía llegar a generar un par torsor elevado. Debido a esto, si el volante no tenía un núcleo suficientemente resistente o si esto se repetía numerosas veces podía llegar a afectar la estructura del volante o llegar a romperse. Con el tiempo, y la invención de la dirección asistida, los volantes fueron reduciendo su espesor de sus núcleos ya que no sufrían esfuerzos muy elevados, pero siempre mantuvieron dicho material.

Hoy en día, los únicos esfuerzos importantes que puede llegar a sufrir un volante durante la conducción de un vehículo son aquellos que se producen durante el impacto del vehículo, ya sea los del propio impacto o los que le provoque el conductor cuando reacciona a estos.

1. Introducción



Figura 10. Núcleo metálico de un volante. Imagen donde se muestra el esqueleto metálico de un volante de coche. (No Title, n.d.-a)

Tras ver el paso de los años en los volantes, desde sus inicios hasta la actualidad, pasando por el mundo de la competición y dar posibles soluciones a problemas en su diseño, se analizará mediante diferentes programas de simulación si estas modificaciones son posibles o si de verdad los volantes han llegado a un camino sin salido en el mundo de la innovación.

2. OBJETIVOS

OBJETIVOS

2. Objetivos

2.1 OBJETIVO GENERAL.

En el trabajo se plantean dos objetivos principales. Primero, comprobar si es factible que una persona común y corriente pueda ser capaz de fabricarse en su propia casa un volante mediante una impresora 3D. En los últimos años, la gente ha empezado a adquirir estas máquinas para diseñarse y fabricarse diferentes elementos para su vida cotidiana; pero ¿porqué no utilizar estos para modificar tu vehículo? Por este motivo, se elegirá diferentes alternativas a los materiales cotidianos, con que se fabrican los volantes actualmente, y que estén al alcance de cualquier persona.

Pero este no es el único motivo, en la actualidad los núcleos de los volantes son metálicos. Este material tenía sentido anteriormente debido a las cargas que sufrían los volantes a la hora de realizar giros, pero que con la salida de la dirección asistida moderna estos ya no necesitan resistir cargas elevadas tan elevadas. Por este motivo, se quiere comprobar si con plásticos fueran capaces de fabricarse los volantes.

Con este objetivo se obtendrá otra ventaja a parte de la posibilidad o no de que una persona sea capaz de fabricarse su propio volante. A diferencia de los metales, el plástico tiene menor dureza por lo que su utilización implicaría una reducción del impacto que pudiera sufrir un conductor cuando durante un accidente automovilístico impactará contra el volante.

El segundo objetivo, es realizar diferentes modificaciones en el diseño original del volante y comprobar si estas son factibles. Como se ha mostrado durante la introducción, el volante es un elemento que no ha variado casi desde sus inicios a diferencia de otros que casi son irreconocibles desde sus orígenes. Por este motivo se aplicarán estas modificaciones al diseño inicial de un volante.

Las modificaciones consistirán en alterar la forma circular de los volantes, la cual ya está empezando a sufrir cambios en los modelos actuales. En esta se plantea como propuesta cambiar la típica forma por una más parecida a un rectángulo que a un círculo, para ello las partes superior e inferior serán deformadas convirtiéndolas en rectas o incluso en circunferencias opuestas a la originales. Como se ha comentado en la

2. Objetivos

introducción, en el mundo de la competición ver volantes redondos son casi cosas del pasado como es el caso de la Fórmula 1 (Figura 11).



Figura 11. Volante de fórmula 1. (Volante Ferrari F1 Add-On, n.d.)

Para ello se cogerán un diseño 3D de un volante y se realizarán dichas modificaciones, posteriormente se calculará los ángulos de visión de una persona, la ubicación normal del volante respecto al cuadro de velocidades y ver si estas modificaciones son viables.

Con estas modificaciones se intentará conseguir dos mejoras en el diseño. La primera, aumentar el espacio disponible para el conductor y así solucionar algunos problemas de espacio de algunos modelos de vehículos en el espacio entre el volante y las piernas. La segunda, mejorar la visibilidad por parte del conductor. Como se ha comentado en la introducción, en algunas ocasiones el volante puede obstaculizar la visión del cuadro de velocidades. Aunque este problema suele suceder en pocos modelos o en casos donde el volante o el asiento están mal regulado o incluso en personas altas, es un problema que se podría solucionar si realizáramos dichos cambios.

Para ello, se utilizará diferentes programas para seleccionar, diseñar y simular los prototipos; comprobando así la factibilidad de estos objetivos.

3. DESARROLLO PROYECTO

**DESARROLLO
PROYECTO**

3. Desarrollo proyecto

3.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS.

Normativa

En cuanto al diseño del volante no se ha encontrado ninguna norma que regule las dimensiones del volante en el mundo de la automoción. Durante la búsqueda de información solo se ha encontrado que, en caso de reemplazo el volante si éste se sustituye por otro diferente al original, deberá estar homologado por una empresa especializada. Muchas veces la propia marca del vehículo es quien homologa e indica que volantes se pueden montar en lugar que el original.

Aunque el volante debe estar homologado, el RD 866/2010 indica un par de puntos a cumplir:

-El airbag debe ser el original y no se puede sustituir por otro diferente en caso de rotura o fallo, en el caso que el original dispusiera de él. Por este caso, el alojamiento donde irá el airbag deberá ser el adecuado. En cuanto al rediseño que se realizará, no se modificará el alojamiento del airbag, solo el aro exterior.

-El conductor deberá ser capaz de alcanzar los intermitentes sin necesidad de soltar las manos del volante. Muchas veces, si se sustituye el volante por otro homologado se modifica la distancia del volante respecto a los intermitentes, provocando no llegar cómodamente a ellos. En nuestro caso, tampoco modificaremos la distancia del aro respecto al intermitente.

-El nuevo volante no podrá superar el 10% el diámetro exterior original. En nuestro caso, el diámetro del aro no se modificará, sino solamente la forma.

-La instalación del nuevo modelo deberá tener un certificado de montaje del taller donde se realice, para colaborar que se ha realizado correctamente por profesionales.

3. Desarrollo proyecto

Diseño en SolidWorks

Después de analizar el marco legal, se realizará el diseño preliminar del volante en 3D mediante el programa SolidWorks, el cual posteriormente se utilizará para realizar las diferentes simulaciones y las modificaciones mencionadas en los objetivos. Este diseño será bastante simple para facilitar el diseño y evitar que en las simulaciones se produzcan errores debido a la cantidad de elementos en la malla.

Debido a que las diferentes marcas de vehículos no facilitan las dimensiones ni nada relacionado con sus modelos, no se ha podido sacar dimensiones oficiales de un volante directamente de ellos. Por ese motivo, se ha buscado otra alternativa para encontrar ciertas dimensiones y esas son las marcas que fabrican fundas para volantes. En dichas páginas las dimensiones del volante varían para el aro exterior entre 350 mm hasta 480 mm en casos muy extremos (**Figura 12**)(**Figura 13**), como el caso de vehículos antiguos o grandes vehículos de carga (*Cómo Poner Una Funda Para Volante*, n.d.).



Figura 12. Funda universal de recambios Aranda. Imagen donde se puede ver el rango de dimensiones en que varían el diámetro exterior del volante. Adaptación de (*Aranda*, n.d.)

3. Desarrollo proyecto



Figura 13. Explicación de cómo medir un volante el diámetro exterior del volante. Imagen donde te muestra el modo de medir un volante para pedir una funda para este. Además, se puede observar el rango de dimensiones que tienen los volantes. Adaptación de (*Cómo Poner Una Funda Para Volante*, n.d.)

Para el diseño del volante se han cogido dimensiones aproximadas para un tamaño de volante pequeño, ya que uno de los objetivos del proyecto es minimizar el tamaño y peso de este. El volante consta de un aro de diámetro 350 mm (**Figura 14**). Posteriormente esta forma se cambiará para aplicar las modificaciones propuestas.

3. Desarrollo proyecto

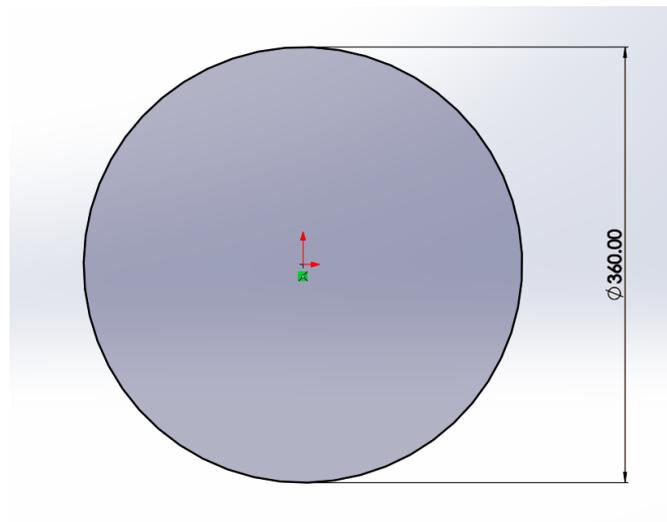


Figura 14. Diseño del aro exterior. Captura del programa SolidWorks donde se puede ver el diámetro exterior seleccionado.

Al igual que el aro exterior, la sección del volante también se ha sacado de páginas donde venden fundas para volantes. En la mayoría de los vehículos modernos, el aro tiene diferentes diámetros de sección dependiendo de la zona en la que se encuentre y varían entre 51 mm hasta 114 mm. Además, muchas veces adopta formas amorfas para amoldarse a las manos y mejorar la sujeción del conductor. En nuestro caso, al igual que con las dimensiones del aro cogeremos la de menor diámetro y será totalmente cilíndrico el aro.

3. Desarrollo proyecto



Figura 15. Explicación de cómo medir la sección del volante. Imagen donde te muestra el modo de medir un volante para pedir una funda para este. Además, se puede observar el rango de dimensiones que tienen los volantes. Adaptación de (*Cómo Poner Una Funda Para Volante*, n.d.)

Hay que recalcar que estas dimensiones tienen en cuenta el grosor del acolchado o tapizado que disponga, por este motivo como solo es el núcleo lo que nos interesa; ya que es el único que resiste las tensiones producidas, no se tendrán en cuenta y se dejará en un diámetro de 30 mm. Mediante la función eje de revolución, previamente dibujado un eje y la sección de 30 mm a una distancia de 175 mm, se genera lo que será el aro del volante (**Figura 16**).

3. Desarrollo proyecto

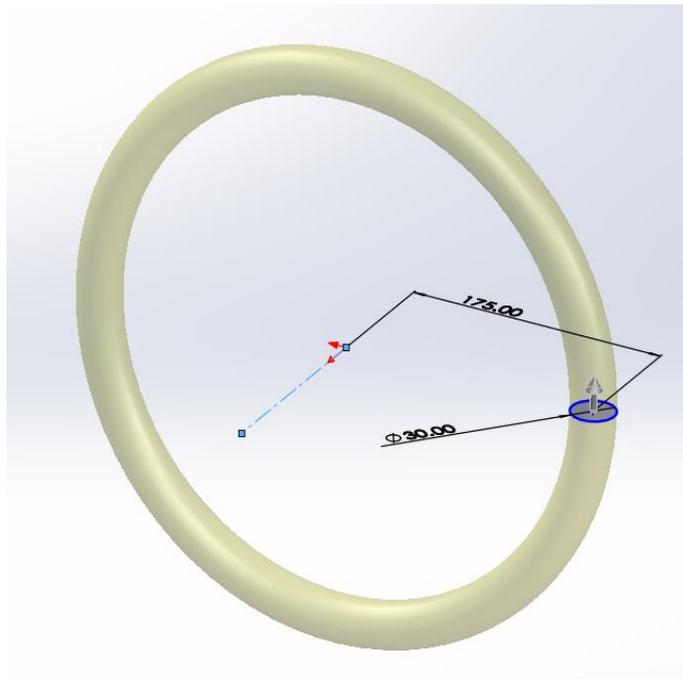


Figura 16. Diseño de la sección del volante. Captura del programa SolidWorks donde se puede ver la sección seleccionada.

Como se ha mencionado anteriormente, solo se tendrán en cuenta las partes que proporcionan algún tipo de resistencia mecánica, es decir el esqueleto del volante. Este está formado, por lo general, por el aro (**Figura 14**) (**Figura 16**) y los radios (**Figura 17**) que unen el aro con la columna de dirección. Mediante diferentes planos, croquis y la función recubrir se crearán los diferentes radios. Todas las dimensiones siguientes se han conseguido de diferentes modelos de internet, debido a que ninguna casa de coches o fabricantes proporciona estas dimensiones de sus productos (*How to Make a Steering Wheel in SOLIDWORKS (Drift Steering Wheel)*, 2020). Por este motivo, solo quedo como alternativa seleccionar la información de diferentes usuarios de internet.

3. Desarrollo proyecto

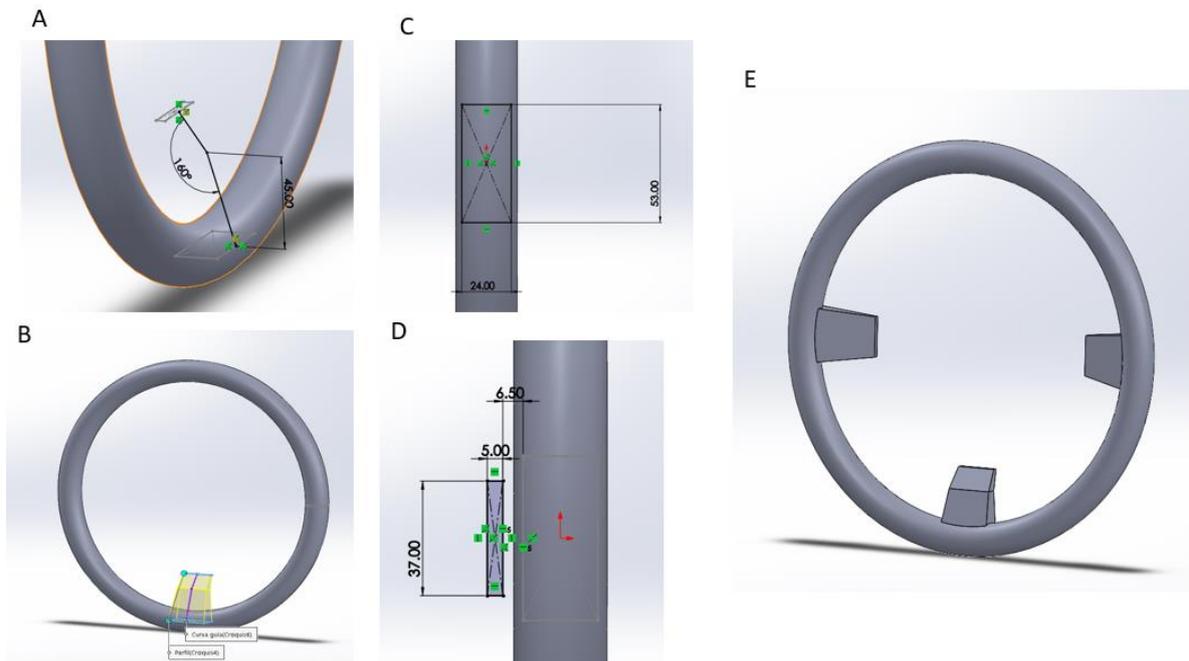


Figura 17. Diseño de los radios del volante. Capturas del programa SolidWorks donde se ve los pasos seguidos para realizar los diferentes radios que componen el volante. (A) Contorno del radio inferior. (B) Extrusión del radio inferior. (C) Croquis de los radios laterales. (D) Croquis de los radios laterales. (E) Resultado final

Por último, se creará la zona de unión entre el volante y la columna de dirección (**Figura 18**). Por lo general estas están unidas mediante una tuerca de M24 para asegurar su sujeción, por este motivo nosotros haremos un agujero de dicha métrica para simular ese punto de sujeción, ya que lo utilizaremos para las simulaciones posteriores. El espesor que utilizaremos será de 10 mm.

3. Desarrollo proyecto

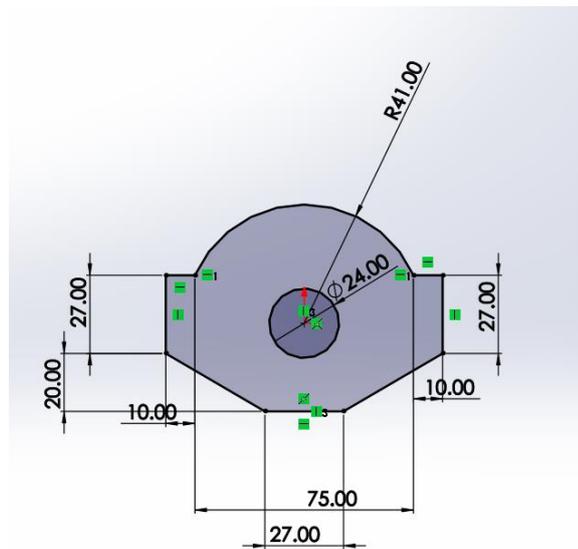


Figura 18. Diseño del buje central del volante. Captura del programa SolidWorks donde se ven las dimensiones del buje central y la zona de unión entre el volante y este.



Figura 19. Resultado final del diseño en SolidWorks

3. Desarrollo proyecto

Aplicación de modificaciones

Como se han visto en los últimos modelos de volantes en los automóviles y se llevaba viendo en modelos de alta gama y grandes deportivos, los volantes han comenzado a variar ligeramente su forma incorporando una zona recta en la parte inferior del aro (Figura 20). Esta modificación ha proporcionado mayor espacio para las piernas del conductor y así facilitar al conductor meterse en el coche.



Figura 20. Volante del Mercedes Clase E coupé. Imagen donde se puede observar la zona recta que se empieza a incorporar en algunos modelos para aumentar el espacio disponible para el conductor. Adaptación de (No Title, n.d.-b)

En el diseño inicial se incorporará el mismo cambio, además de hacer lo mismo en la zona superior y así evitar, como se ha comentado anteriormente, obstrucción en la visión del cuadro de velocidades. Hay que indicar, que esta supuesta obstrucción solo sucede en vehículos determinados o en situaciones donde el asiento del conductor se encuentra a una altura elevada. Debido a que no se ha encontrado ninguna información sobre a qué altura se encuentran dichas zonas, se tomarán valores estimados debido a experiencias propias.

3. Desarrollo proyecto



Figura 21.Fotografía del espacio disponible en un coche. Imagen donde se muestra la limitación de espacio para algunas personas en modelos determinados de vehículos (Vista frontal).



Figura 22.Fotografía del espacio disponible en un coche. Imagen donde se muestra la limitación de espacio para algunas personas en modelos determinados de vehículos (Vista lateral).

3. Desarrollo proyecto



Figura 23. Fotografía de la colocación recomendada según autoescuelas. Imagen donde se muestra la colocación de la mano izquierda entre las 9-10h.

Como se ven en las imágenes anteriores (**Figura 21**) (**Figura 22**), se puede observar los impedimentos anteriormente mencionados, por eso se ha elegido hacer la zona recta a 30 mm de la parte superior e inferior. Esta dimensión se ha sacado mediante la experiencia personal y la prueba en coches con poco espacio para las piernas.

Por el contrario, para la zona superior se ha tenido en cuenta las recomendaciones de las autoescuelas, las cuales indican que las manos deben situarse a la mano izquierda sobre las 9-10 h (**Figura 23**) y la mano derecha 2-3 h. Con estas dos ubicaciones permite al conductor tener mejor control en las curvas. Para plasmarlo en el diseño se ha realizado a una zona de 45° en cada lado del volante para obtener una zona útil de sujeción para el conductor.

3. Desarrollo proyecto

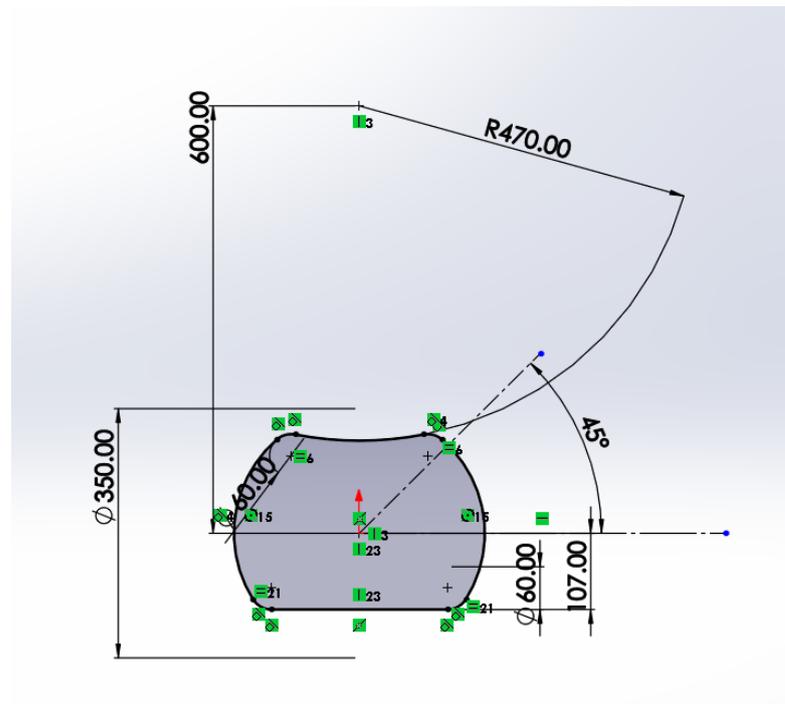


Figura 24. Rediseño del volante aplicando las modificaciones. Captura del programa SolidWorks donde se muestra el croquis utilizado para diseñar el aro exterior del volante a partir de la experiencia propia y recomendaciones externas.

Como se puede observar tras realizar estos dos cambios, el volante comienza a tener una forma más parecida a un rectángulo como en el caso de la Fórmula 1 (**Figura 25**).

3. Desarrollo proyecto



Figura 25. Comparativa entre el rediseño y un volante de Fórmula 1. Imagen donde se puede observar cómo ambos volantes tienen formas muy parecidas.

3.2. SELECCIÓN DE MATERIALES.

Los dos materiales principales que forman un automóvil son el metal y el plástico, con esos dos materiales se podrían fabricar la gran mayoría de piezas de un vehículo, y el volante no es una excepción.

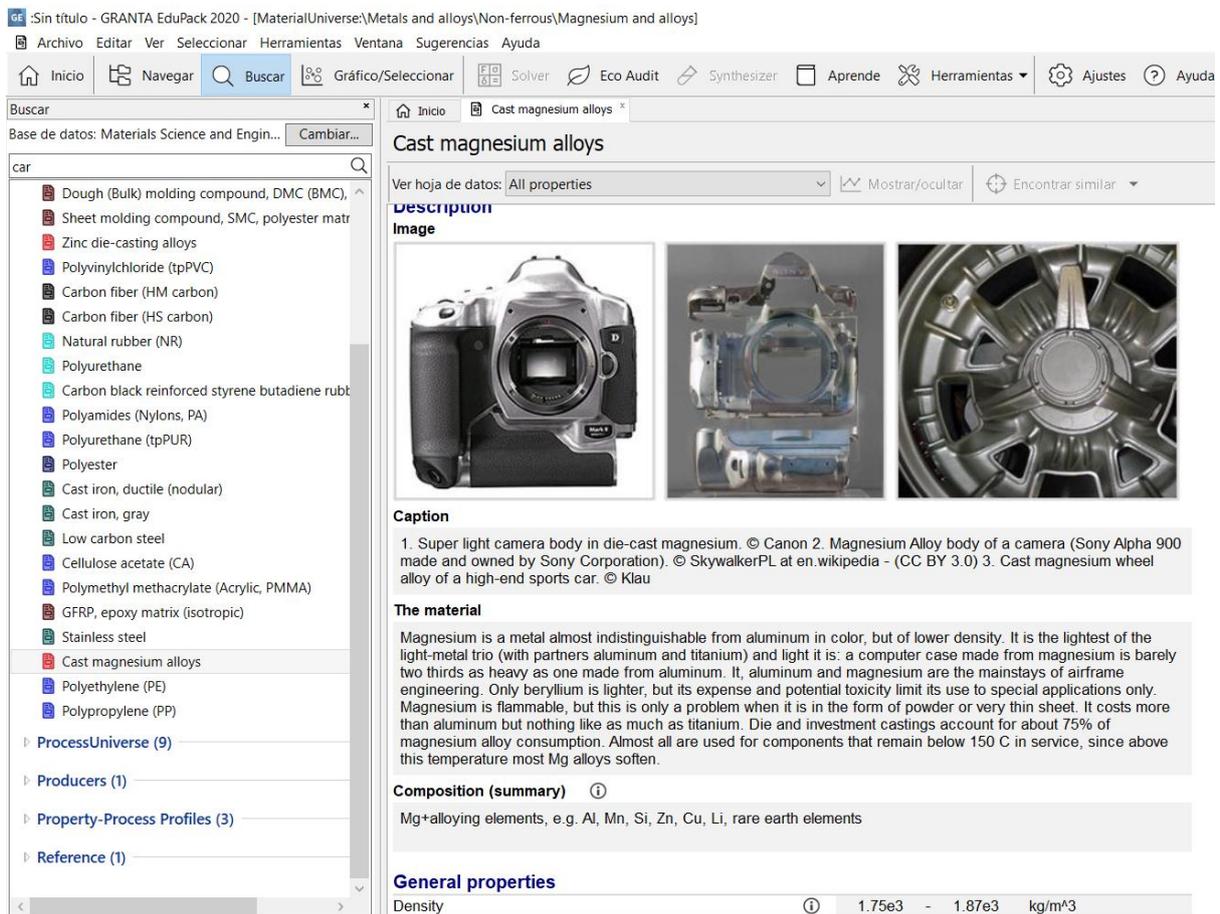
Este está formado por un esqueleto metálico y entre los metales más usados está el acero, el aluminio o el magnesio; este último está cogiendo gran importancia en los últimos años por su gran resistencia y ligereza (Fidalgo, 2015). Alrededor del núcleo se recubre de un material para mejorar el tacto y el agarre, además de hacerlo más acolchado en caso de impacto. Entre los diferentes materiales con que se recubre se encuentra la alcántara, el cuero, el polipiel... (Volante: Fabricación y Gamas de Concentrol, 2020)

Como se han comentado anteriormente, se realizará varias simulaciones con el programa SolidWorks y los diseños anteriormente mostrados en dicho programa. Como no se ha encontrado ningún tipo de normativa que regule las cargas que debe aguantar un volante, se realizarán simulaciones con un magnesio utilizado en el mundo de la

3. Desarrollo proyecto

automoción, ya que es el metal con mejores propiedades y se cogerán sus resultados como comparativa para el resto de las simulaciones.

Con la ayuda del programa Granta EduPack y el su base de datos “Materials Science and Engineering” se ha buscado un magnesio que se utilizará en el mundo de la automoción y que tuviera un porcentaje de aluminio de entre el 4% y 8% y con un poco de zinc, que son los que se suelen utilizar (Veríssimo, 2005). Después de realizar la búsqueda, se ha encontrado un magnesio que dispone de las características anteriormente nombradas, además de ser usado en el mundo de la automoción.



The screenshot shows the GRANTA EduPack 2020 interface. The search bar contains 'car', and the results list 'Cast magnesium alloys' as the selected item. The right-hand pane displays the material's description, images of camera bodies and a car wheel, and its composition and general properties.

Cast magnesium alloys

Ver hoja de datos: All properties

Description

Image

Caption

1. Super light camera body in die-cast magnesium. © Canon
2. Magnesium Alloy body of a camera (Sony Alpha 900 made and owned by Sony Corporation). © SkywalkerPL at en.wikipedia - (CC BY 3.0)
3. Cast magnesium wheel alloy of a high-end sports car. © Klau

The material

Magnesium is a metal almost indistinguishable from aluminum in color, but of lower density. It is the lightest of the light-metal trio (with partners aluminum and titanium) and light it is: a computer case made from magnesium is barely two thirds as heavy as one made from aluminum. It, aluminum and magnesium are the mainstays of airframe engineering. Only beryllium is lighter, but its expense and potential toxicity limit its use to special applications only. Magnesium is flammable, but this is only a problem when it is in the form of powder or very thin sheet. It costs more than aluminum but nothing like as much as titanium. Die and investment castings account for about 75% of magnesium alloy consumption. Almost all are used for components that remain below 150 C in service, since above this temperature most Mg alloys soften.

Composition (summary)

Mg+alloying elements, e.g. Al, Mn, Si, Zn, Cu, Li, rare earth elements

General properties

Density 1.75e3 - 1.87e3 kg/m³

Figura 26. Búsqueda de una aleación de magnesio de uso automovilístico. Captura del programa GRANTA EduPack donde se puede observar el magnesio que se utiliza y la descripción donde indica que se usa como material para coches.

3. Desarrollo proyecto

Las características del material elegido son:

Tabla 1. Características del magnesio. Tabla con las características de la aleación de magnesio elegida mediante el programa GRANTA EduPack.

PROPIEDADES MECÁNICAS	RATIO		UNIDADES
Módulo de Young	42	47	GPa
Módulo de cizalladura	15	18	GPa
Módulo de compresibilidad	35	41	GPa
Ratio de Poisson	0,29	0,31	
Límite elástico	70	215	MPa
Resistencia a la tracción	119	283	MPa
Resistencia a la compresión	70	215	MPa
Elongación	1	10	% alargamiento
Dureza Vickers	35	90	HV
Resistencia a la fátiga a los 10^7 ciclos	60	125	MPa
Resistencia a la fractura	12	18	MPa·m ⁵

Por otro lado, otro punto que se quiere comprobar en este trabajo es la viabilidad de la utilización de otros materiales para el núcleo del volante. En los últimos años se ha incentivado el uso de las impresoras 3D debido a la facilidad de uso, la sencillez del proceso el cual cualquiera en su casa puede realizar y el reducido coste del proceso.

Entre los plásticos más utilizados se encuentra el PLA, el ABS y el PET, para nuestro caso nos centraremos con el ABS y PET por sus mejores características mecánicas.

El poliacido láctico o PLA, aunque es un material muy utilizado en este tipo de procesos y es muy fácil de utilizar, no destaca por sus características mecánicas por lo que no es una buena solución para utilizar en el diseño del volante.

El politereftalato de etileno (PET) es uno de los plásticos más utilizado en el mundo, sus aplicaciones van desde la creación de botellas hasta fibras para fabricar ropa. Además, tiene la ventaja de poder combinarse con fibra de vidrio para mejorar sus características y hacerlo más atractivo, opción muy utilizada en el mundo de la automoción. Como el resto de los plásticos tiene problemas con la luz UV, que debilita el material y lo hace más quebradizo, por este motivo para la aplicación en productos que van a estar expuestos mucho tiempo al sol es necesario la incorporación de

3. Desarrollo proyecto

absorbentes para evitar estos efectos en el material. Otra alternativa para solucionar este problema es la utilización de la variante del PET que incorpora glicol (PETG), lo que hace que el material resista mejor los impactos y sea más resistente a la cristalización producida por la luz UV. El PET tiene una gran durabilidad y resistencia al impacto, a la vez de tener una gran flexibilidad y dureza (*Guía de Plásticos y Otros Materiales Para Impresión 3D*, n.d.; *Materiales de Impresión 3D: Cuáles Son Los Termoplásticos Más Usados*, 2020; Sanchez Restrepo, 2020).

El acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) es un material muy utilizado en los interiores de los vehículos y en electrodomésticos, debido a su gran resistencia a los impactos. El ABS tiene muy buenas características mecánicas, además de tener buenos acabados y ser fácil de utilizar. En su defecto se debe tener en cuenta que genera gases nocivos durante su utilización. Otra ventaja respecto al resto de plásticos es que se puede soldar con facilidad, con lo que se será capaz de reparar en caso de rotura o daño de este. Otra desventaja importante, es que si no se lleva un control térmico adecuado durante su impresión mediante camas calefactable puede llegar a sufrir deformaciones el diseño (C., 2019; *Materiales de Impresión 3D: Cuáles Son Los Termoplásticos Más Usados*, 2020; Sanchez Restrepo, 2020).

Por último, se tendrá en cuenta un plástico más técnico que ha empezado a coger importancia en el mundo de la automoción, este es el ASA. El acrilonitrilo estireno acrilato (ASA) apareció como alternativa al ABS, este dispone de mayores ventajas que su predecesor. Como ventajas más destacable; mejores características mecánicas, gran resistencia a los rayos ultravioleta y no sufre deformaciones significativas si no se controla correctamente la temperatura de impresión ((*¿Cómo Imprimir En 3D Con Filamento ASA? La Alternativa Al ABS*, n.d.; *Materiales de Impresión 3D: Cuáles Son Los Termoplásticos Más Usados*, 2020).

Para la comparativa se utilizarán el ABS y el PETG, como variantes más conocidas y económicas de plásticos. No se utilizará el PET básico ya que no es un material fácil de encontrar para impresión 3D, por otro lado, con el uso del PETG solucionaremos el inconveniente de la luz UV, ya que los volantes son un elemento que se encuentra bastante expuesto al sol. Sin embargo, se comparará el PET + Fibra de vidrio

3. Desarrollo proyecto

como alternativa interesante para uso más industrial, debido a que estos filamentos no son fáciles de encontrar para la persona común. Por último, el ASA ya que es un material que ha cogido importancia en los últimos años.

Las características de estos tres materiales se han obtenido mediante el programa GRANTA EduPack 2020 y su nivel 3.

Tabla 2. Características del PETG. Tabla con las características de la aleación de PETG elegido mediante el programa GRANTA EduPack.

PROPIEDADES MECÁNICAS	RATIO		UNIDADES
Módulo de Young	2,01	2,11	GPa
Módulo de cizalladura	0,716	0,752	GPa
Módulo de compresibilidad	2,01	2,11	GPa
Ratio de Poisson	0,395	0,411	
Límite elástico	47,9	52,9	MPa
Resistencia a la tracción	60	66	MPa
Resistencia a la compresión	57,5	63,5	MPa
Elongación	102	118	% alargamiento
Dureza Vickers	14	16	HV
Resistencia a la fátiga a los 10 ⁷ ciclos	24	26	MPa
Resistencia a la fractura	2,11	2,54	MPa·m ⁵

Tabla 3. Características del ASA. Tabla con las características de la aleación de ASA elegida mediante el programa GRANTA EduPack.

PROPIEDADES MECÁNICAS	RATIO		UNIDADES
Módulo de Young	1,51	2,34	GPa
Módulo de cizalladura	0,538	0,833	GPa
Módulo de compresibilidad	1,51	2,34	GPa
Ratio de Poisson	0,397	0,413	
Límite elástico	35,9	38,6	MPa
Resistencia a la tracción	27,6	51,7	MPa
Resistencia a la compresión	43,1	46,3	MPa
Elongación	25	40	% alargamiento
Dureza Vickers	11	12	HV
Resistencia a la fátiga a los 10 ⁷ ciclos	14,3	15,8	MPa
Resistencia a la fractura	1,52	4,57	MPa·m ⁵

3. Desarrollo proyecto

Tabla 4. Características del PET+ fibra de vidrio. Tabla con las características de la aleación de PET con un 15% de fibra de vidrio elegido mediante el programa GRANTA EduPack.

PROPIEDADES MECÁNICAS	RATIO		UNIDADES
Módulo de Young	5,57	5,85	GPa
Módulo de cizalladura	2,03	2,13	GPa
Módulo de compresibilidad	5,57	5,58	GPa
Ratio de Poisson	0,366	0,381	
Límite elástico	76,8	84,8	MPa
Resistencia a la tracción	96	106	MPa
Resistencia a la compresión	92,2	102	MPa
Elongación	1,86	2,15	% alargamiento
Dureza Vickers	23	25	HV
Resistencia a la fátiga a los 10 ⁷ ciclos	35,4	46,1	MPa
Resistencia a la fractura	3,62	4,52	MPa·m ⁵

Tabla 5. Características del ABS. Tabla con las características de la aleación de ABS mediante el programa GRANTA EduPack.

PROPIEDADES MECÁNICAS	RATIO		UNIDADES
Módulo de Young	2	2,9	GPa
Módulo de cizalladura	0,319	1,03	GPa
Módulo de compresibilidad	1,03	2,68	GPa
Ratio de Poisson	0,394	0,422	
Límite elástico	29,6	44,1	MPa
Resistencia a la tracción	30	50	MPa
Resistencia a la compresión	35,9	69	MPa
Elongación	20	100	% alargamiento
Dureza Vickers	9	13	HV
Resistencia a la fátiga a los 10 ⁷ ciclos	12	20	MPa
Resistencia a la fractura	1,9	2,1	MPa·m ⁵
Precio	1,75	2,05	EUR/kg

Por último, se hará una primera comparativa para ver las características de los tres materiales con el magnesio (**Tabla 6**).

3. Desarrollo proyecto

Tabla 6. Comparativa de las características de los materiales seleccionados.

PROPIEDADES MECÁNICAS	Magnesio	ABS	PETG	PET+Fibras	ASA
Módulo de Young (GPa)	47	2,9	2,11	5,85	2,34
Módulo de cizalladura (GPa)	18	1,03	0,752	2,13	0,833
Módulo de compresibilidad (GPa)	41	2,68	2,11	5,58	2,34
Ratio de Poisson	0,31	0,422	0,411	0,381	0,413
Límite elástico (MPa)	215	44,1	52,9	84,8	38,6
Resistencia a la tracción (MPa)	283	50	66	106	51,7
Resistencia a la compresión (MPa)	215	69	63,5	102	46,3
Elongación (% alargamiento)	10	100	118	2,15	40
Dureza Vickers (HV)	90	13	16	25	12
R. a la fátiga a los 107 ciclos (MPa)	125	20	26	46,1	15,8
Resistencia a la fractura (MPa·m ⁵)	18	2,1	2,54	4,52	4,57
Precio (EUR/kg)	2,31	2,08	2,65	1,78	2,41

Como se puede ver en la comparativa, a primera vista se puede ver que todos los plásticos tienen peores características que el magnesio como era obvio en un principio, pero no se sabe si de verdad son necesarias estas características o el material está sobredimensionado. En las conclusiones no se tendrá en cuenta sólo los resultados de la simulación, sino también otros temas como los procesos con que se fabrican o el precio del material.

3. Desarrollo proyecto

3.3. SIMULACIÓN.

Se realizará dos simulaciones por cada material, una primera axialmente en la parte inferior del volante (**Figura 27**) y una segunda tangencialmente en uno de los extremos del volante. Al final, se dispondrá de un total de ocho resultados que se compararon entre ellos y se analizarán para llegar a una conclusión.

Como se ha mencionado anteriormente, no se ha encontrado ningún tipo de normativa que regule el mundo de los volantes en los automóviles, pero lo que sí se ha encontrado en diferentes empresas que fabrican maquinaria para realizar ensayos a dichos elementos. La empresa Dyna-mess se encarga de fabricar maquinaria para hacer ensayos a diferentes elementos de un vehículo y entre todos ellos se encuentra el volante (**Figura 27**). Sus maquinarias consisten en una prensa que ejerce cargas axiales y tangenciales al volante, mientras este se sostiene por el buje central. Con esto, somos capaces de determinar cómo deberemos ejercer la carga una vez realicemos las simulaciones. Por otro lado, el fabricante nos indica que estas máquinas ejercen cargas con una frecuencia de oscilación entre 1 y 10 HZ y una fuerza inferior a 1 kN. Con esto, obtenemos la carga con que deberemos indicarle al programa para realizar la simulación con una carga axial (*Steering Wheel Testing*, n.d.).

3. Desarrollo proyecto

The screenshot shows the website for DYNA-MESS PRÜFSYSTEME. The navigation menu includes 'CASA', 'PRODUCTOS', 'APLICACIONES', 'NOTICIAS', 'SOBRE NOSOTROS', and 'CONTACTO'. A search bar is located on the right. The main content area is titled 'Prueba del volante' and includes a sidebar with categories: 'Automotor' (Asientos, Volantes, Columnas de dirección, Pedales, Simulación de cambio de marcha, Componentes de caucho / metal, Correas dentadas), 'Elastómeros', 'Médico', 'Cuerdas, cadenas y dispositivos de elevación', and 'Ensayo de materiales'. The main text describes the steering wheel test, mentioning that DYNA-MESS offers machines for fatigue tests. It details the 'Prueba de fatiga' (Fatigue Test) where the load can be applied in axial or tangential directions. A photograph of the testing machine is shown on the right.

Figura 27. Página de venta de maquinaria para realizar ensayos. Imagen donde se puede ver la marca Dyna-mess, una distribuidora de maquinaria para realizar ensayos a elementos del vehículo. En esta imagen se puede ver una pequeña explicación de los ensayos que puede realizar su máquina para ensayos de volantes. (*Steering Wheel Testing*, n.d.)

Se comenzará realizando las simulaciones axialmente con la aleación de magnesio, sin aplicar las modificaciones al volante, con esto podremos obtener resultados de partida que podremos comparar con el resto de las simulaciones.

Tras exportar el material obtenido del programa GRANTA EduPack 2020, el SolidWorks ha autocompletado los parámetros necesarios para realizar la simulación.

3. Desarrollo proyecto

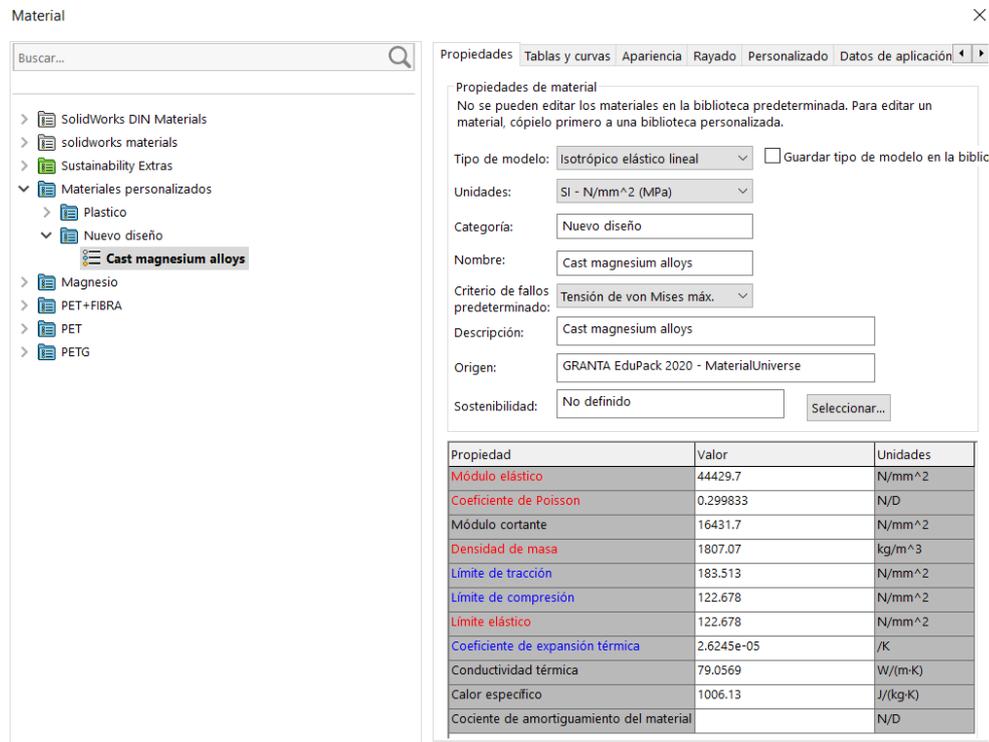


Figura 28. Selección del magnesio en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.

Después de tener claro el material cómo se realizarán las simulaciones, definiremos el punto de sujeción del volante el cual será el agujero central que habíamos realizado al principio. Este punto simulará el buje del volante donde este se une con la columna de dirección mediante una tuerca. En el programa le indicaremos qué es geometría fija y las caras internas del agujero donde teóricamente estaría la rosca (**Figura 29**).

3. Desarrollo proyecto

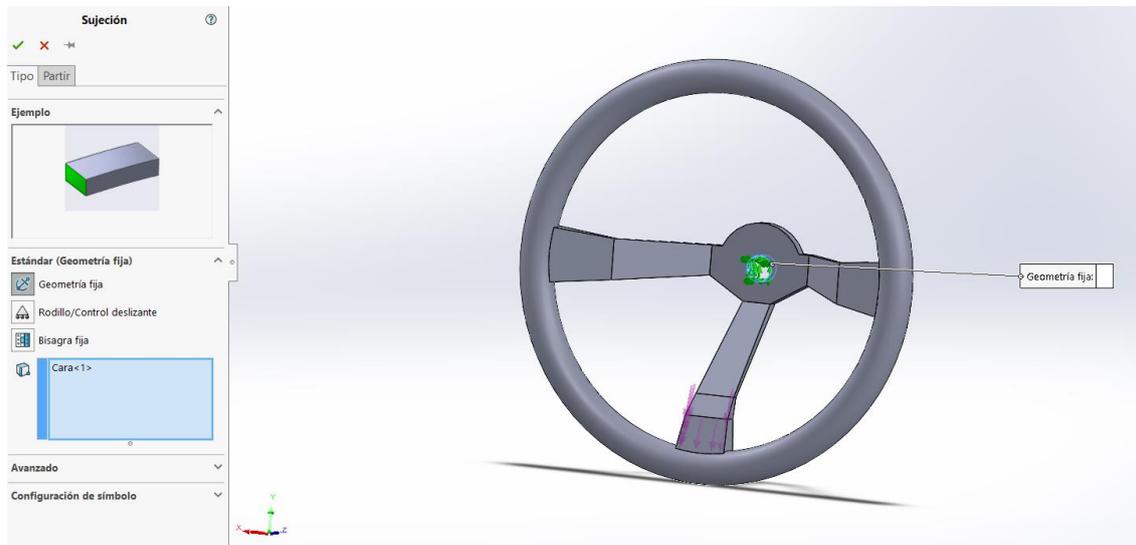


Figura 29. Sujeción que tendrá el diseño para realizar la simulación. Captura del programa SolidWorks donde se ve el punto donde se inserta el punto de sujeción del volante.

Por otro lado, la página nos indica que la carga máxima que se ensaya es de 1 kN y es la que se utilizará para obtener los resultados en la situación más extrema. Esta se aplicará en el radio inferior de forma perpendicular y con sentido negativo.

3. Desarrollo proyecto

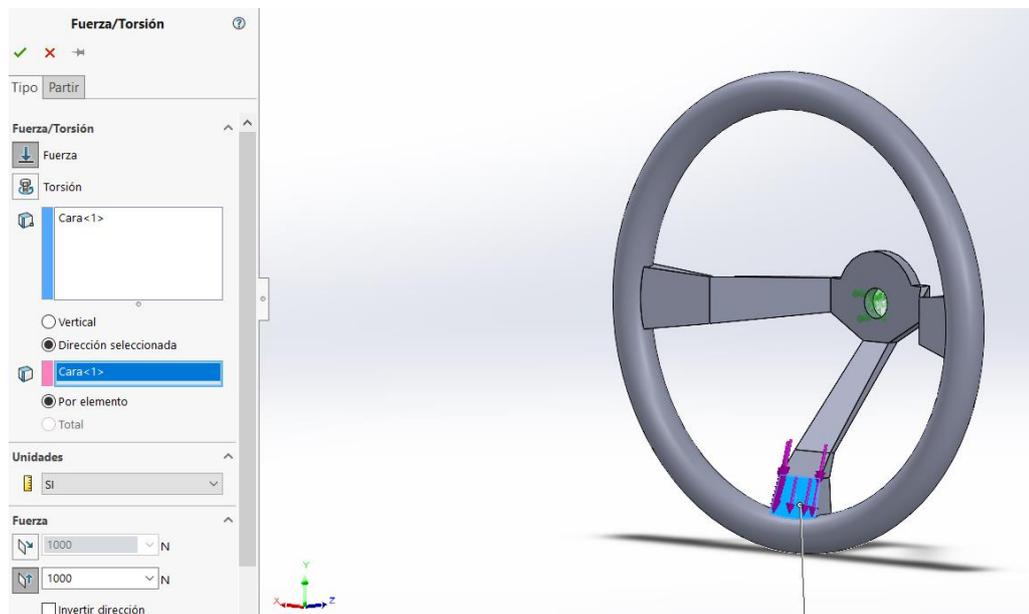


Figura 30. Punto de aplicación de la carga axial. Captura del programa SolidWorks donde se ve el punto, dirección y valor de la carga axial que se aplicará en la simulación.

Tras realizar la malla de la pieza, se ejecuta la simulación de la pieza con todos los datos introducidos. Si se comienza analizando los resultados obtenidos en la gráfica de tensiones de Von Mises (**Figura 31**), se puede observar como el límite elástico de la pieza es 123 MPa y como el valor máximo que se obtiene es de 57,7 MPa. Este valor se encuentra bastante lejos entre ellos, tan solo a un 46% de la resistencia máxima del material. Hay que recordar que se está ensayando con el valor máximo que se suelen realizar este tipo de pruebas.

3. Desarrollo proyecto

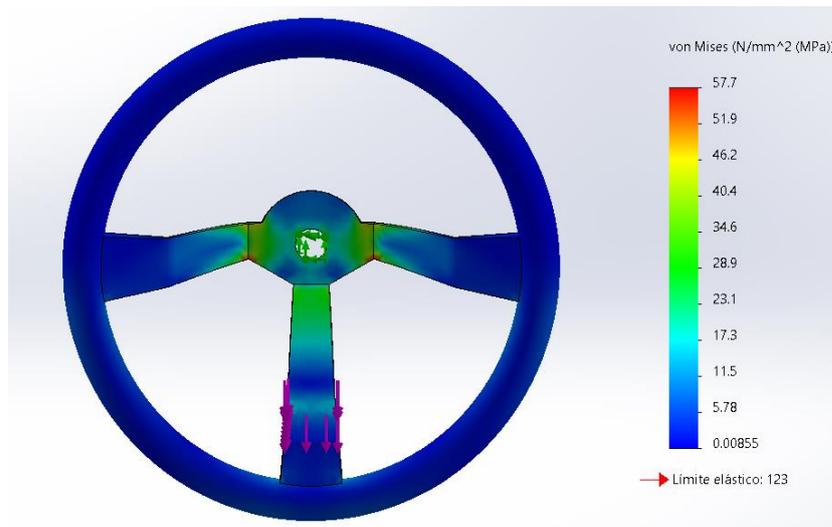


Figura 31. Tensiones de Von Mises del diseño original con magnesio y una carga axial

Como era obvio los puntos donde se obtienen dichos valores es las zonas de uno entre los radios y el buje, que es la encargada de soportar prácticamente todas las cargas.

Si se analiza el factor de seguridad (**Figura 32**), se obtiene el mismo resultado y es que el volante resiste perfectamente las cargas que se ha aplicado. Obteniendo un factor de seguridad mínimo de 2,1; como se ve se repite que la zona más crítica es el punto de unión entre el buje y los radios del volante, aunque debido a los resultados no es una cosa alarmante ya que está lejos del factor de seguridad de 1,2 que es lo recomendado para un elemento de este tipo.

3. Desarrollo proyecto

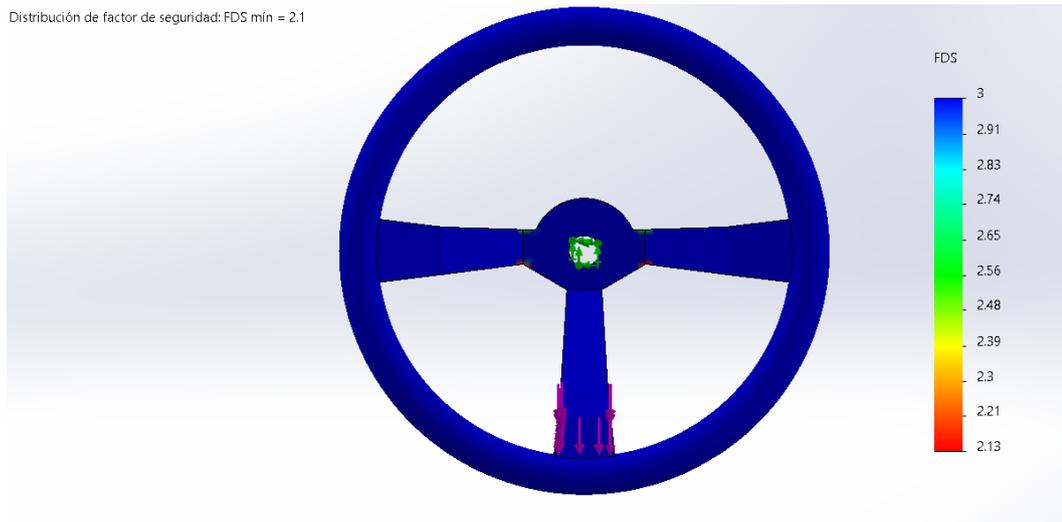


Figura 32. FDS del diseño original con magnesio y una carga axial

Como se ha indicado y se ha visto en los resultados obtenidos, el volante está sobredimensionados o en material o dimensiones. A continuación, se verá si tanto con los cambios de materiales como las modificaciones anteriormente mencionadas, el volante mantiene su integridad estructural.

Después de tener unos valores como referencia, se realizará el resto de las simulaciones. Se empezará con el PET, ya que es el material más básico y con el cual se tiene menos expectativas de que los resultados sean correctos.

Una vez introducido el archivo exportado del GRANT EduPack 2020 realizaremos de la misma forma que se ha mencionado anteriormente y se ejecutará la simulación.

3. Desarrollo proyecto

Material

Propiedades Tablas y curvas Apariencia Rayado Personalizado Datos de aplicación Fav...

Propiedades de material
No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Guardar tipo de modelo en la biblioteca

Unidades: SI - N/mm² (MPa)

Categoría: Material

Nombre: ABS (extrusion)

Criterio de fallos predeterminado: Tensión de von Mises máx.

Descripción:

Origen: GRANTA EduPack 2020 - MaterialUniverse

Sostenibilidad: No definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2408.32	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.40776	N/D
Módulo cortante	573.674	N/mm ²
Densidad de masa	1049.57	kg/m ³
Límite de tracción	38.7298	N/mm ²
Límite de compresión	49.7705	N/mm ²
Límite elástico	36.1298	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	0.000158972	/K
Conductividad térmica	0.230072	W/(m·K)
Calor específico	1399.98	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 33. Selección del ABS en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.

Como se puede observar, se está obteniendo valores máximos de 42,1 MPa respecto a un límite elástico de 36,1 MPa. Esto implica que el volante rompería, con lo cual no sería viable la utilización de dicho material, pero por el momento se esperará a obtener el resto de las simulaciones para determinar una conclusión.

3. Desarrollo proyecto

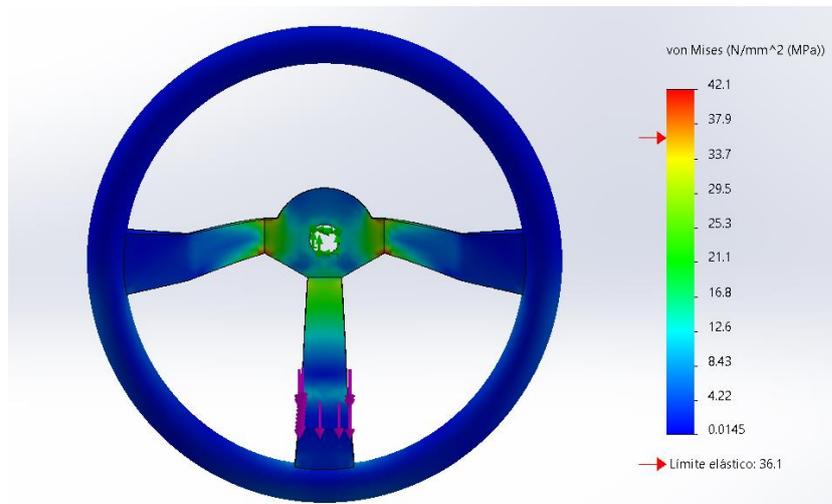


Figura 34. Tensiones de Von Mises del diseño original con ABS y una carga axial

Si se observan los valores de seguridad, se obtienen unos valores mínimos lejos del FDS mínimo de 1,2 que se había propuesto.

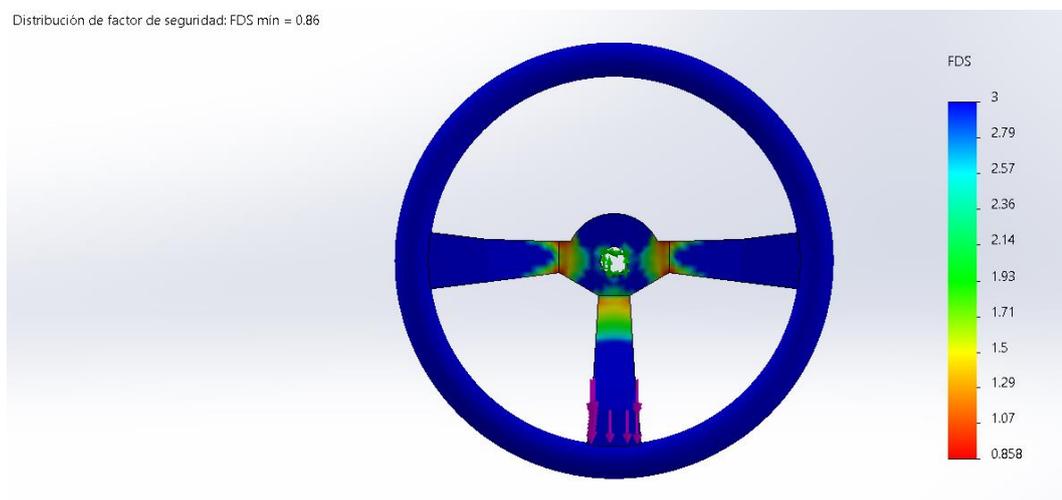


Figura 35. FDS del diseño original con ABS y una carga axial

Se ha podido observar que, aunque no se obtienen valores próximos a los del magnesio ni tampoco favorable con el ABS, se comprobará si con alguna de las demás alternativas obtenemos algún valor bueno.

3. Desarrollo proyecto

Comprobando el PETG. Se repite todo el proceso, introducimos el material sacado con el programa GRANTA EduPack 2020 y se simula de la misma forma (Figura 36).

Material

Propiedades Tablas y curvas Apariencia Rayado Personalizado Datos de aplicación Fallos

Propiedades de material
No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: Guardar tipo de modelo en la biblioteca

Unidades:

Categoría:

Nombre:

Criterio de fallos predeterminado:

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2059.39	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.402767	N/D
Módulo cortante	734.006	N/mm ²
Densidad de masa	1269.96	kg/m ³
Límite de tracción	62.9285	N/mm ²
Límite de compresión	60.4256	N/mm ²
Límite elástico	50.338	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	0.00012146	/K
Conductividad térmica	0.26172	W/(m·K)
Calor específico	1504.11	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 36. Selección del PETG en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.

A diferencia que con el ABS se obtienen valores bastantes favorables. Esta vez obteniendo valores máximos de 40,2 MPa con un límite elástico de 50,3 MPa. Esta vez se obtiene un 80% de la resistencia del material (Figura 37).

3. Desarrollo proyecto

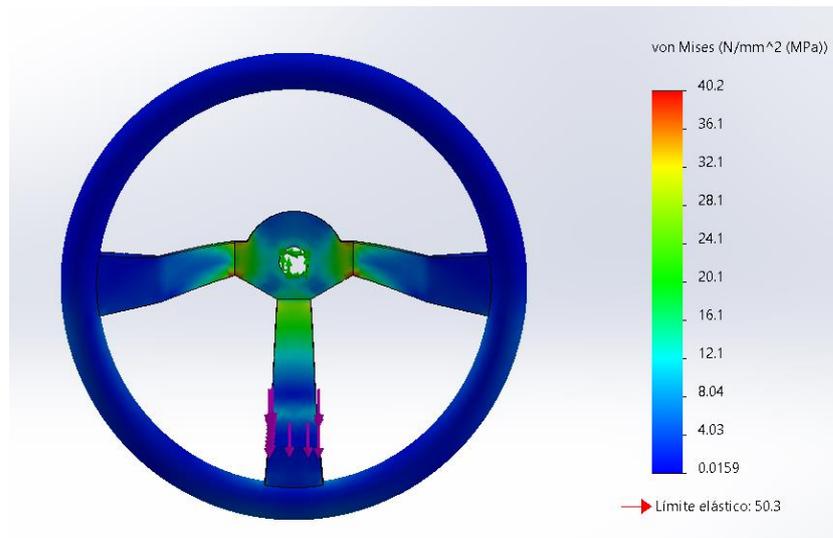


Figura 37. Tensiones de Von Mises del diseño original con PETG y una carga axial.

Por otro lado, los valores de los factores de seguridad también se consiguen valores favorables con un FDS mínimo de 1,25 (Figura 38). Aunque no es un rango muy amplio respecto a los 1,2 que se buscaba, esto se podría mejorar aumentando ligeramente algunos espesores.

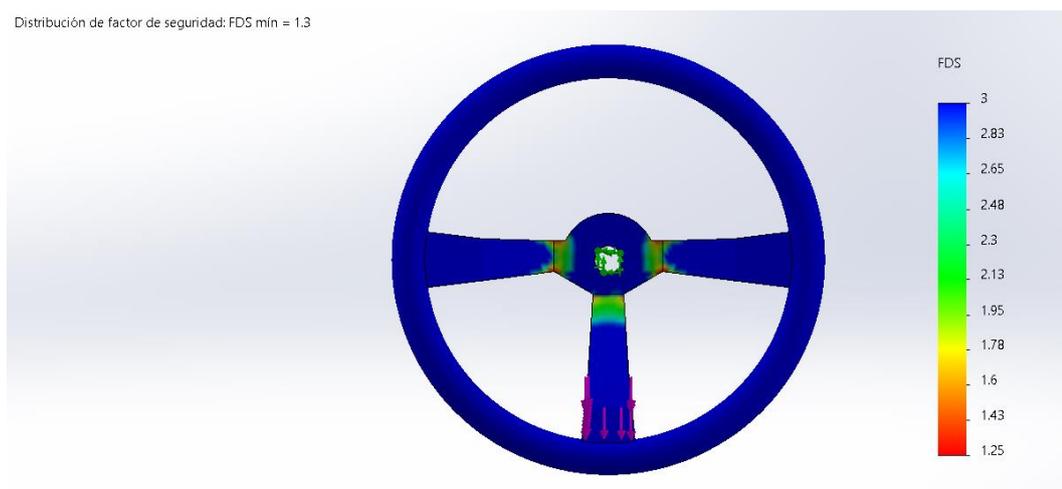
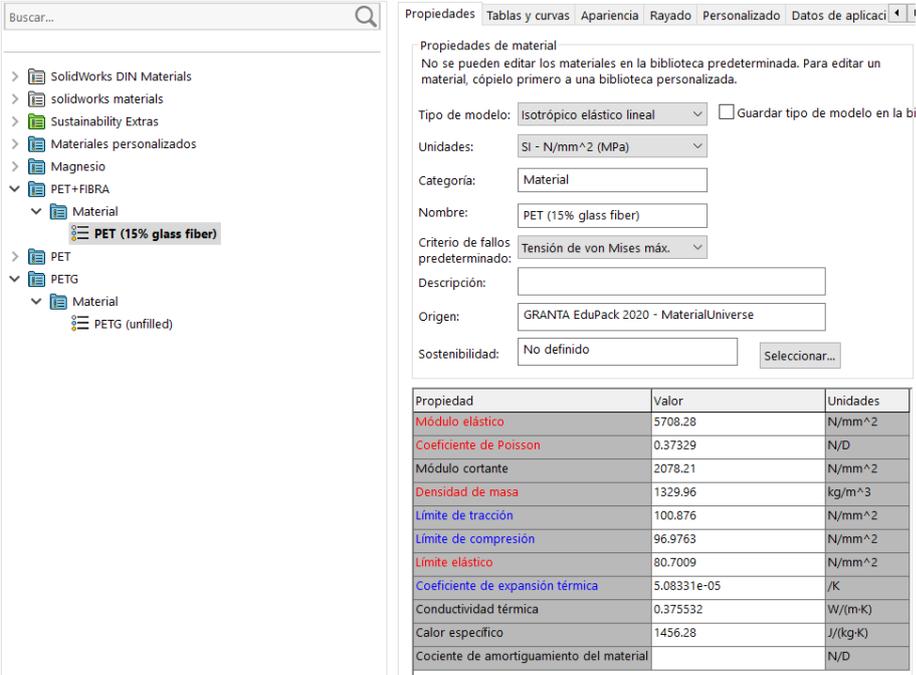


Figura 38. FDS del diseño original con PETG y una carga axial

3. Desarrollo proyecto

Aunque se han obtenido mejores valores y nos encontramos en rangos de valores aceptables, se verá si con la última simulación se puede obtener valores con mayor rango de margen.



The screenshot shows the SolidWorks material selection interface. On the left, a tree view shows the material selection path: SolidWorks DIN Materials > solidworks materials > Sustainability Extras > Materiales personalizados > Magnesio > PET+FIBRA > Material > PET (15% glass fiber). The right panel shows the material properties for 'PET (15% glass fiber)'. The 'Tipo de modelo' is 'Isotrópico elástico lineal'. The 'Unidades' are 'SI - N/mm^2 (MPa)'. The 'Categoría' is 'Material'. The 'Nombre' is 'PET (15% glass fiber)'. The 'Criterio de fallos predeterminado' is 'Tensión de von Mises máx.'. The 'Origen' is 'GRANTA EduPack 2020 - MaterialUniverse'. The 'Sostenibilidad' is 'No definido'. Below the form is a table of material properties:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	5708.28	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.37329	N/D
Módulo cortante	2078.21	N/mm ²
Densidad de masa	1329.96	kg/m ³
Límite de tracción	100.876	N/mm ²
Límite de compresión	96.9763	N/mm ²
Límite elástico	80.7009	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	5.08331e-05	/K
Conductividad térmica	0.375532	W/(m·K)
Calor específico	1456.28	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 39. Selección del PET + Fibra de vidrio en SolidWorks. Captura donde se pueden ver las características seleccionadas por SolidWorks una vez descargado el material del programa GRANTA EduPACK 2020.

Si se mira los resultados del PET + Fibra de vidrio, se ha obtenido valores máximos mayores que en los dos casos anteriores, con un límite elástico del material de 80,7 MPa obtenemos un valor máximo según Von Mises de 50,5 MPa obtenido que el material se encuentra a 62% de su resistencia máxima (**Figura 40**), resultados muy cercanos a los del magnesio.

3. Desarrollo proyecto

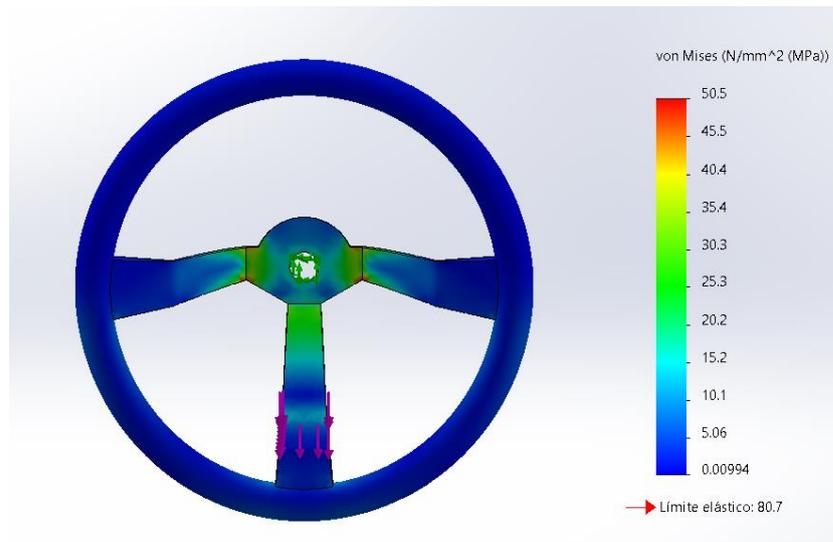


Figura 40. Tensiones de Von Mises del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.

En su defecto, se obtiene un factor de seguridad de 1,6 por lo que es un rango bastante aceptable (Figura 41).

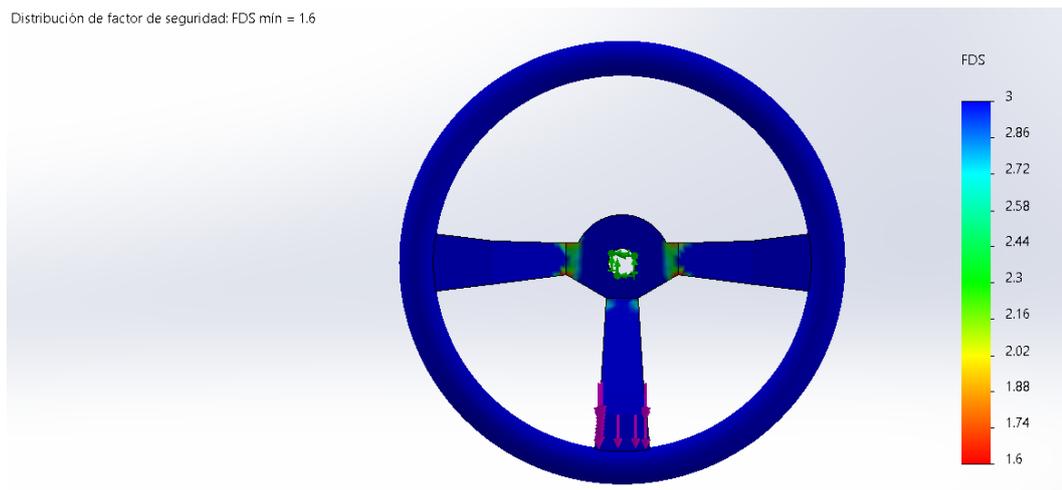


Figura 41. FDS del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.

3. Desarrollo proyecto

Por último, quedará analizar los resultados obtenidos con el ASA. En este caso, pasa lo mismo que con el ABS, no somos capaces de obtener valores favorables. Se obtiene un valor máximo de 39 MPa con un valor de límite elástico de 37,2 MPa. Lo mismo pasa con el FDS mínimo, que se obtiene un valor mínimo de 0,955. Para solucionarlo y obtener valores favorables se podría aumentar ligeramente algunos espesores de las partes más problemáticas.

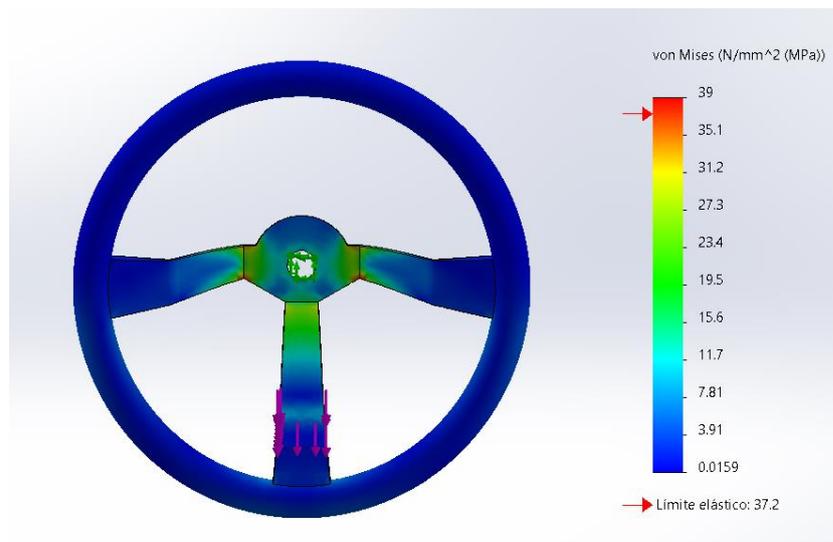


Figura 42. Tensiones de Von Mises del diseño original con ASA y una carga axial.

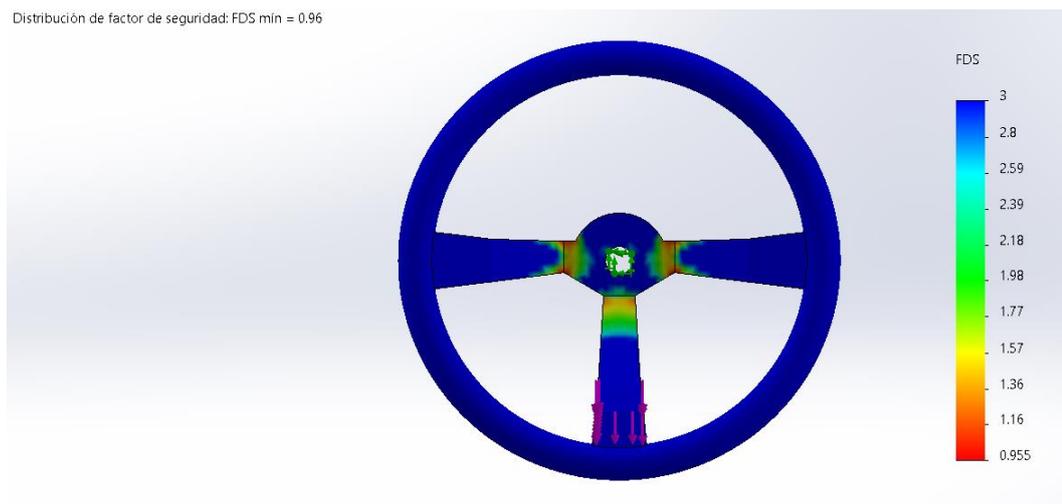


Figura 43. FDS del diseño original con ASA y una carga axial.

3. Desarrollo proyecto

Resumen de simulación de una carga axial de 1 kN en el diseño sin modificar, los resultados obtenidos son:

Tabla 7. Tabla comparativa de los resultados del diseño original con una carga axial.

PROPIEDADES MECÁNICAS	Magnesio	ABS	PETG	PET+Fibras	ASA
Tensión máxima según Von Mises (MPa)	57,7	42,1	40,2	50,5	39
Factor de seguridad	2,13	0,86	1,25	1,6	0,955

Como se puede ver tras comparar todos los resultados (Tabla 7), cómo era obvio con magnesio obtenemos valores muy buenos. Por otro lado, se obtiene dos vertientes, la primera como se puede ver cómo tanto el PETG y PET + Fibras obtenemos valores dentro de nuestros rangos, aunque con el PETG estamos bastante en el límite; y la segunda donde tanto el ABS como el ASA, no obtenemos valores favorables. Que con los PET se consigue valores buenos y no con los otros dos se debe a la pequeña diferencia entre sus límites elásticos (Tabla 6), una alternativa para obtener valores correctos podría ser aumentar ligeramente el espesor en el buje y en los radios, aumentando así la resistencia en las zonas problemáticas.

Como se ha comentado anteriormente, si aumentamos ligeramente el espesor de las zonas más problemáticas seríamos capaces de obtener valores favorables. En este caso disponemos de unos espesores en el buje de 10 mm (Figura 18) a 20 mm. Con esta modificación obtenemos FDS mínimo de 1,3 y 1,2 respectivamente (Figura 44).

3. Desarrollo proyecto

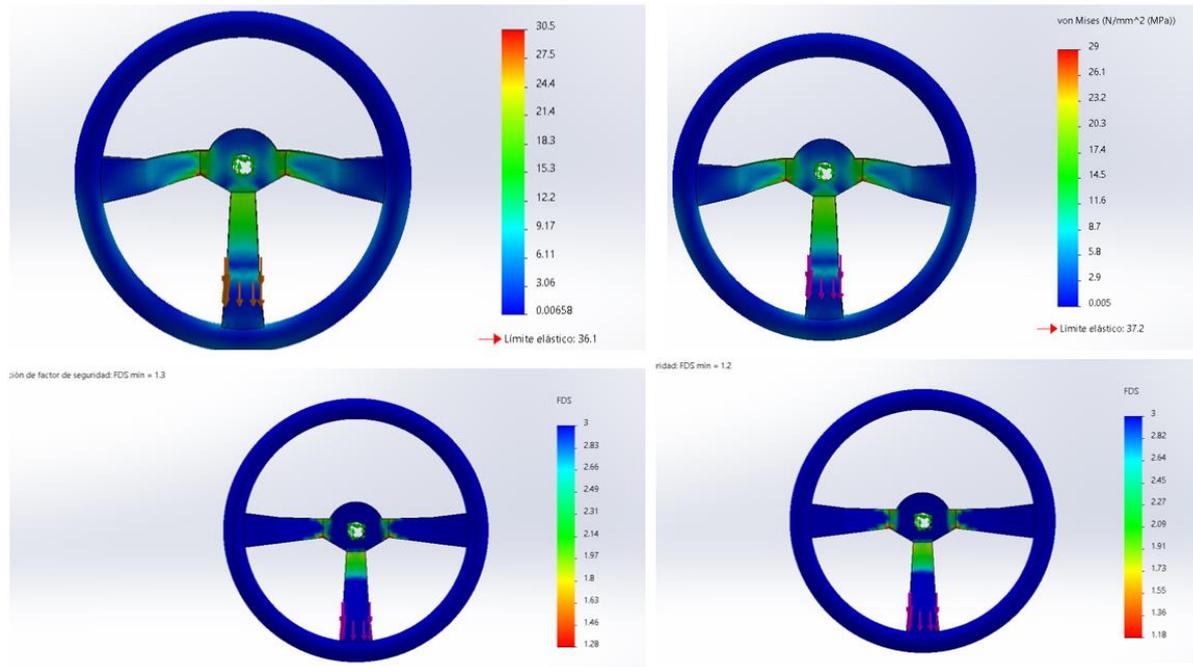


Figura 44. Aumento en el espesor en el diseño. Captura de los resultados de las simulaciones en SolidWorks con un espesor de buje de 20 mm.

Para la siguiente simulación se realizará de forma tangencial. En este caso también nos ayudaremos de otra empresa que realiza máquinas para realizar ensayos de volantes. La empresa IPG Automotive consiste en una empresa que crea diferentes maquinarias y sistemas para simular las condiciones que se pueden dar en una conducción real. Uno de sus productos es el que se basará la simulación, el cual consiste en un banco de pruebas que mediante actuadores y diferentes sistemas que ejercen esfuerzos tanto en el volante como en la cremallera, simula la circulación en un circuito (**Figura 45**) (IPG Automotive, n.d.).

3. Desarrollo proyecto



Figura 45. Imagen de la máquina de ensayos de la empresa IPG Automitive. (IPG Automitive, n.d.)

Si se observa las características de los diferentes componentes que forman este banco de pruebas, nos indica que el par máximo que se le aplica al volante no supera los 120 Nm y esa será la carga que nosotros aplicaremos. En este caso, como no nos indica de qué forma se aplica tomaremos que se aplicará en el radio derecho del volante.

3. Desarrollo proyecto

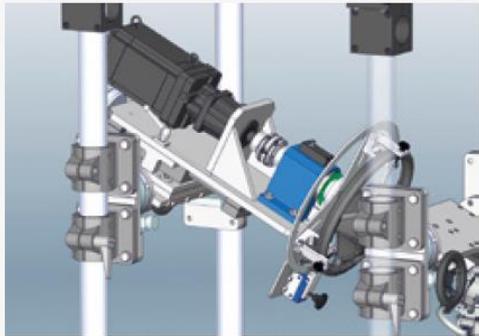
Linear Actuator Module		
Max. force (each actuator)	12500 N	
Max. force (combined)	25000 N	
Active width of actuator	+/- 200 mm	
Maximum velocity	+/- 1m/s	
Static accuracy (deviation)	< 6 N	
Dynamic accuracy (deviation)	< 55 N	
Latency	3 ms	
Steering Wheel Actuator Module		
Peak torque	120 Nm	
Mean torque	50 Nm	
Max. steering wheel velocity	1800 deg/s	
Static accuracy (deviation)	< 0.02 deg	
Dynamic accuracy (deviation)	< 1.3 deg	
Latency	5 ms	
Xpack4 Real-Time System (basic configuration)		
Real-time computer	F23P01 (single board computer)	
CAN interface	M410 (IO-Card)	
Analog input	M36N00 (IO-Card)	

Figura 46. Características de la máquina de ensayos para volantes de la empresa IPG Automotive. Imagen donde se puede ver las características de dicha máquina y donde se puede observar el par máximo que es capaz de simular.

Al igual que en la simulación axial, comenzaremos analizando con magnesio para obtener valores de referencia para las siguientes simulaciones y obtener una conclusión.

Como nos indica la empresa (**Figura 46**), el par máximo que se debe ejercer es de 120 Nm, pero en este caso ejerceremos una carga de 180 N a una distancia de $d/2$, con lo que el par será aproximadamente el mismo que nos indican.

3. Desarrollo proyecto

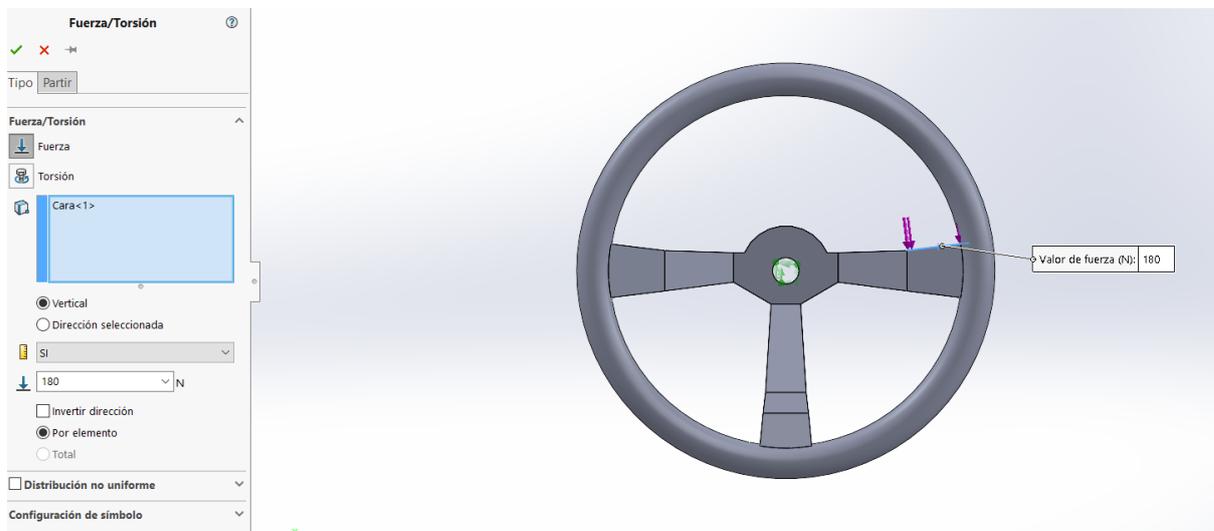


Figura 47. Punto de aplicación de la carga tangencial. Captura del programa SolidWorks donde se ve el punto, dirección y valor de la carga axial que se aplicará en la simulación.

En cuanto a materiales y punto de sujeción se mantienen los mismos que en las simulaciones anteriores.

Si analizamos los valores obtenidos con Von Mises, se repiten lo mismo que en la simulación de la carga axial. Con el magnesio obtenemos una tensión máxima de 32 MPa, la cual se encuentra bastante lejos del límite elástico de 123 MPa (**Figura 48**).

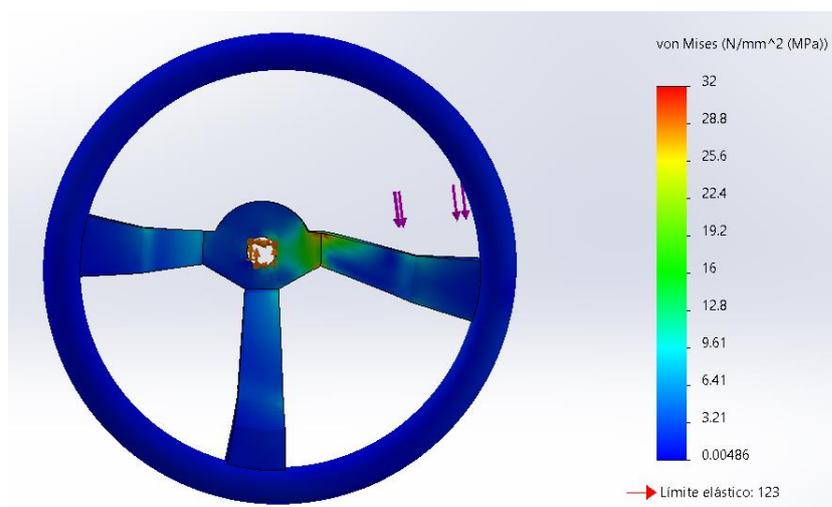


Figura 48. Tensiones de Von Mises del diseño original con magnesio y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

Por otro lado, si analizamos el factor de seguridad obtenemos un valor de 3,8. Valor que está bastante lejos del factor de seguridad mínimo de 1,2 que se había propuesto (Figura 49)



Figura 49. FDS del diseño original con magnesio y una carga tangencial.

Para el resto de los materiales se mostrarán primero todas las capturas con los resultados obtenidos con las simulaciones y se realizará una pequeña conclusión explicando y analizando los resultados obtenidos previamente.

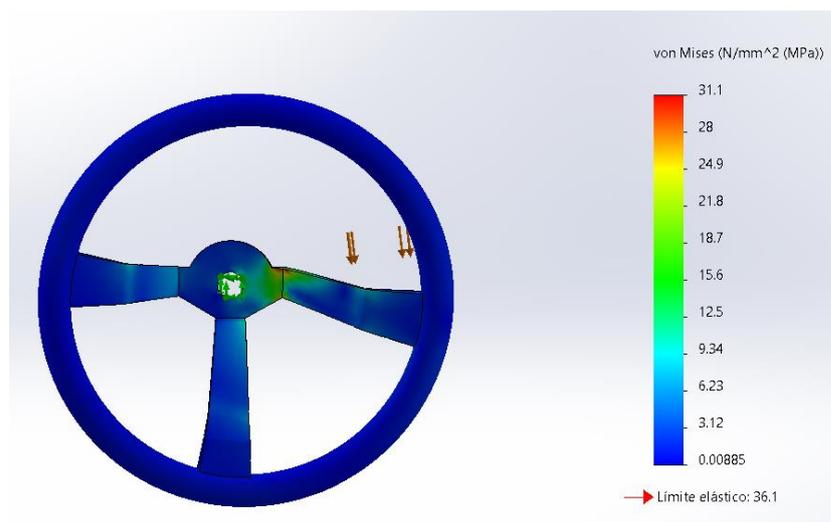


Figura 50. Tensiones de Von Mises del diseño original con ABS y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

Distribución de factor de seguridad: FDS min = 1.2

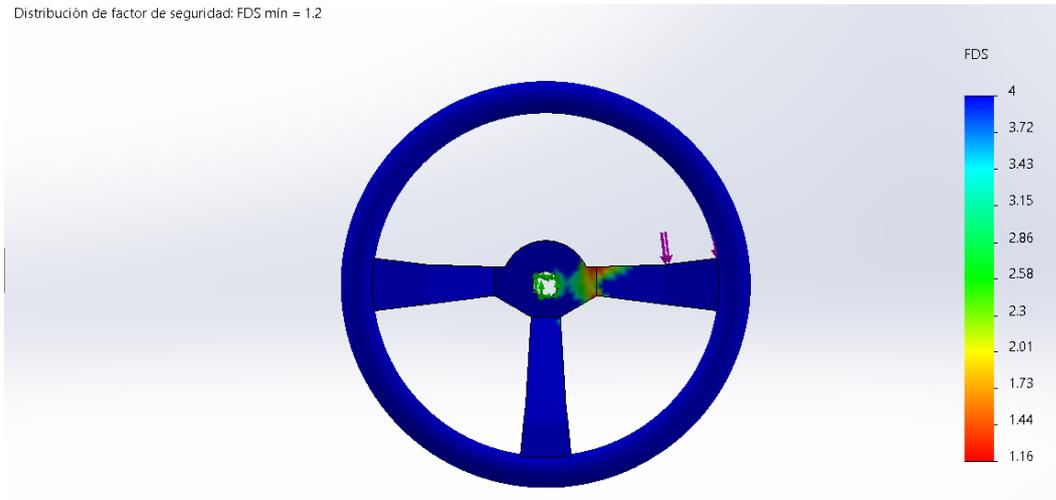


Figura 51. FDS del diseño original con ABS y una carga tangencial.

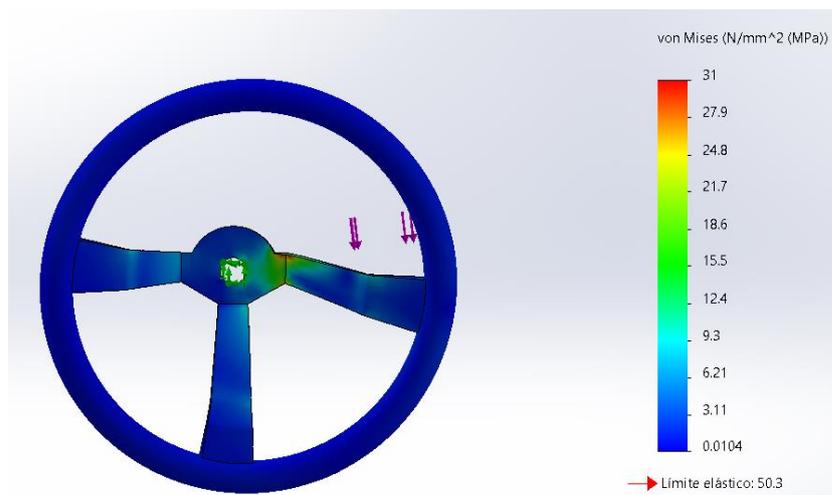


Figura 52. Tensiones de Von Mises del diseño original con PETG y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

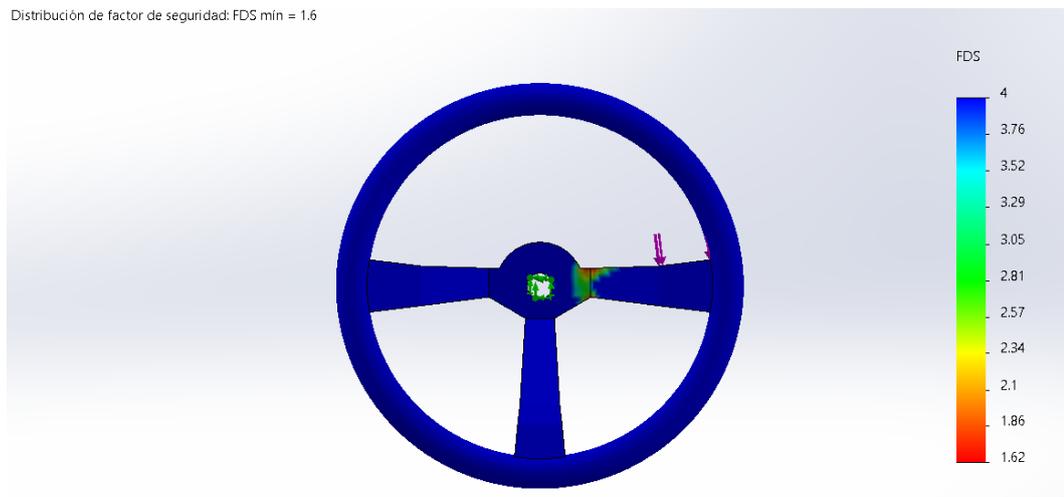


Figura 53. FDS del diseño original con PETG y una carga tangencial.

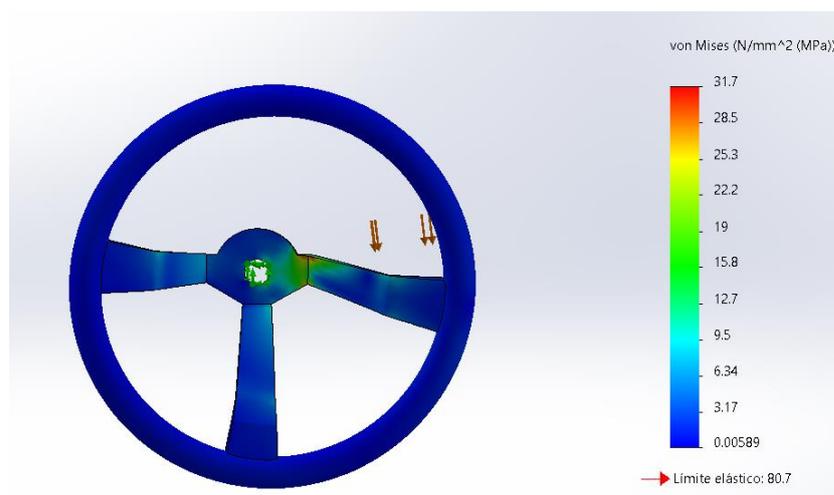


Figura 54. Tensiones de Von Mises del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

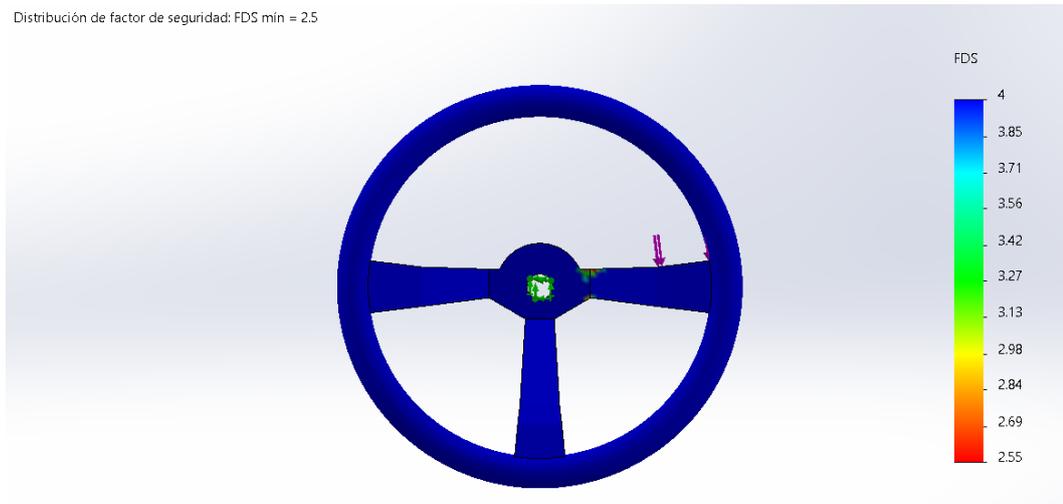


Figura 55. FDS del diseño original con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial.

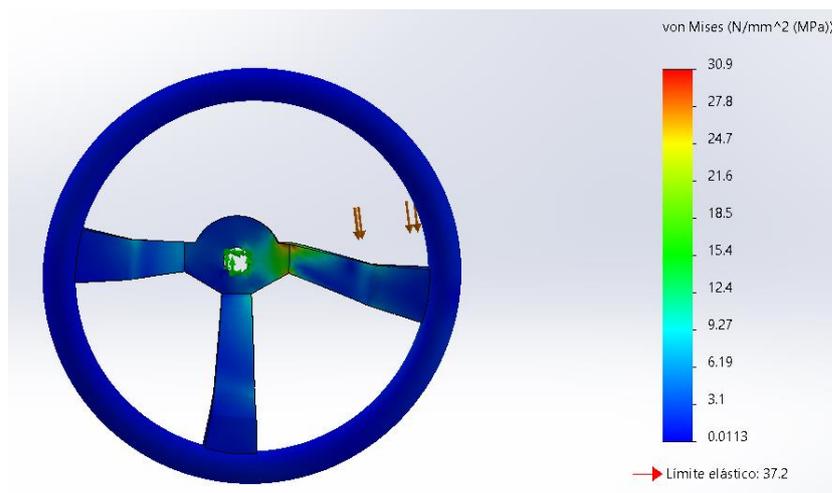


Figura 56. Tensiones de Von Mises del diseño original con ASA y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

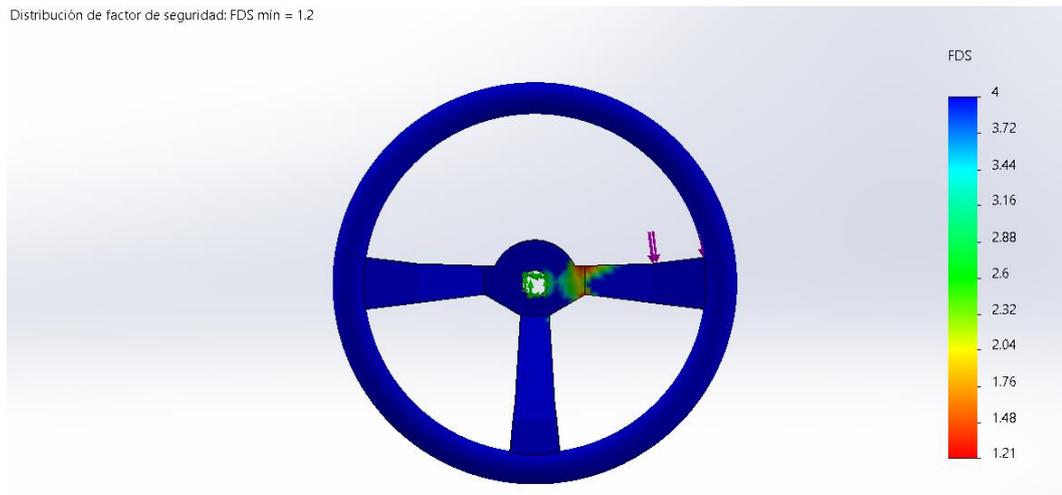


Figura 57. FDS del diseño original con ASA y una carga tangencial.

Tras comparar los resultados obtenidos con la simulación de una carga tangencial, se puede ver como en este caso todos los materiales cumplen en mayor o menor medida con los rangos admisibles. Por otro lado, tanto el ABS como ASA, al tener que aumentar el espesor del buje, aumentarán también los FDS obtenidos mejores resultados en estos dos casos.

Tabla 8. Tabla comparativa de los resultados del diseño original con una carga tangencial.

PROPIEDADES MECÁNICAS	Magnesio	ABS	PETG	PET+Fibras	ASA
Tensión máxima según Von Mises (MPa)	32	31,1	31	31,7	30,9
Factor de seguridad	3,83	1,16	1,62	2,55	1,21

Aunque al principio de las simulaciones se pensaba que los materiales no darían la "talla", como se puede ver en los resultados obtenidos casi todos han sido capaces de obtener resultados buenos, hay que recordar que para que el ABS y el ASA dieran valores correctos se ha debido aumentar el espesor de algunas partes.

Antes de pasar a hacer el estudio de fabricación del volante con el material seleccionado, comprobaremos si las modificaciones propuestas anteriormente modificarían el comportamiento del volante o en su defecto no afecta sino mejorar los valores obtenidos.

3. Desarrollo proyecto

Como se ha comentado durante todo el proyecto, las modificaciones consisten en una zona recta en la parte inferior del volante para aumentar el espacio disponible para las piernas, y por otro lado una zona curva en la parte superior para aumentar la visión del cuadro de velocidades.

Al igual que en las simulaciones anteriores, se seguirá el mismo procedimiento.

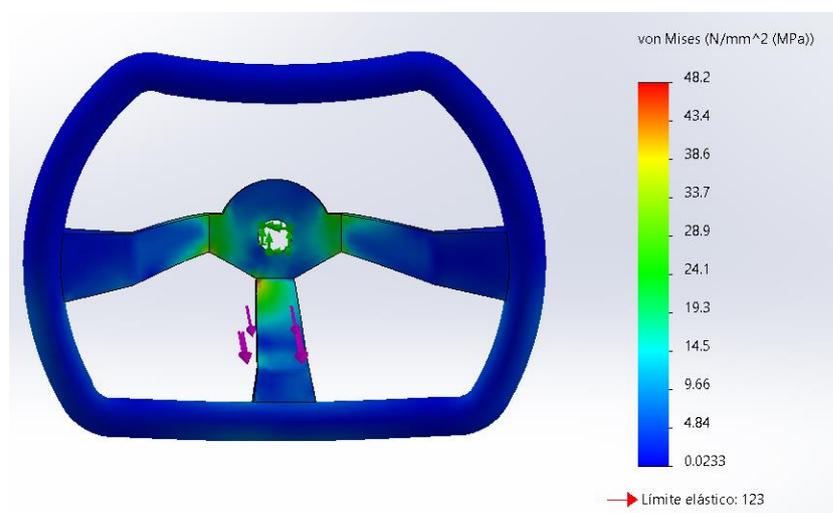


Figura 58. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con magnesio y una carga axial.

Como se puede observar, con el magnesio, se ha sufrido una reducción en las tensiones máximas de 57,7 MPa hasta 48,2 MPa (**Figura 58**). Con las modificaciones se ha conseguido una reducción del 18% en las tensiones que sufre el volante, obteniendo en consecuencia un mayor rango de seguridad.

En este caso, el factor de seguridad que se ha obtenido es de 2,55 respecto a los 2,1 que se había obtenido respecto al volante original (**Figura 59**). Con esto se puede asegurar que no sólo no ha afectado negativamente al comportamiento del volante, sino que se ha obtenido una mejora razonable en el comportamiento de este.

3. Desarrollo proyecto

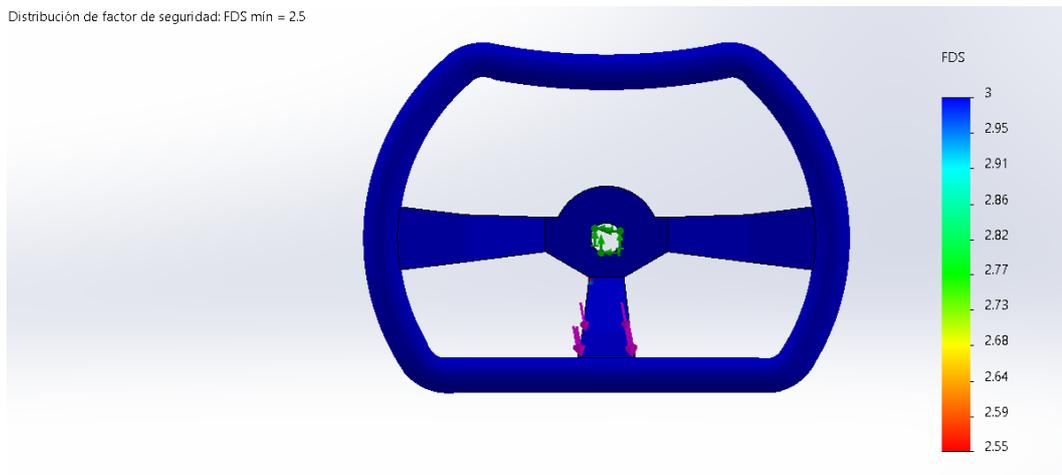


Figura 59. FDS del diseño modificado con magnesio y una carga axial.

Se analizarán el resto de material para comprobar que no ha sido un caso aislado con el magnesio.

En este caso, al ABS ha empeorado los resultados anteriores pasando de 42,1 MPa hasta los 45,8 MPa de tensión máxima y pasando de un factor de seguridad mínimo de 0,86 a uno de 0,79. En este caso vuelve a pasar lo mismo que con el volante sin modificar, el material no es capaz de soportar las cargas simuladas. Más adelante se verá si modificando ligeramente algunos espesores el material es capaz de obtener valores correctos.

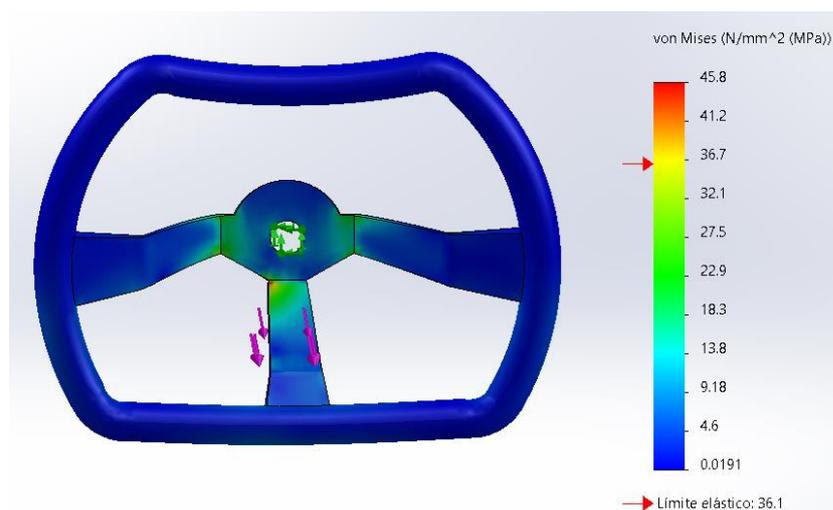


Figura 60. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ABS y una carga axial.

3. Desarrollo proyecto

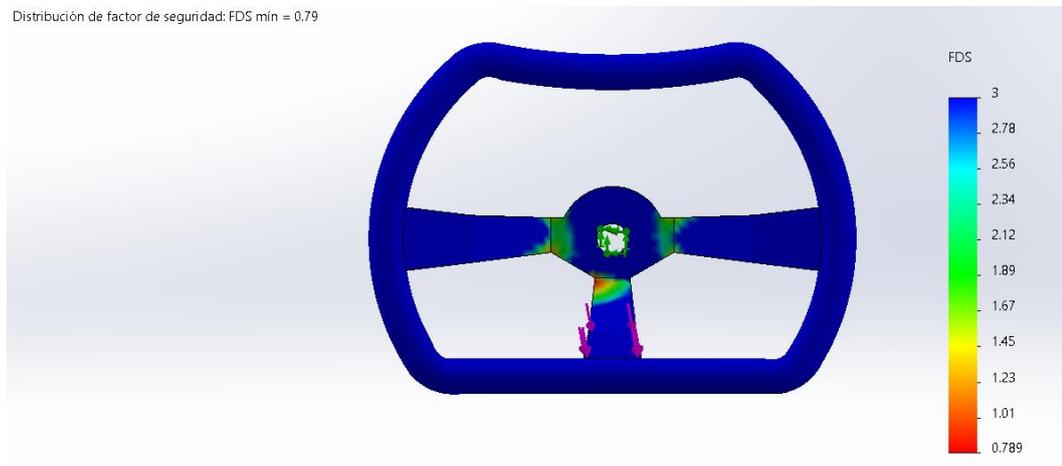


Figura 61. FDS del diseño modificado con ABS y una carga axial.

Con el PETG se pasa de un valor de 40,2 MPa a uno de 45,4 MPa y de un factor de seguridad de 1,25 a uno de 1,11 (Figura 62) (Figura 63). En este caso tampoco se sufre ningún tipo de mejora como en el caso del magnesio, pero a diferencia del ABS aún está dentro de rangos aceptables.

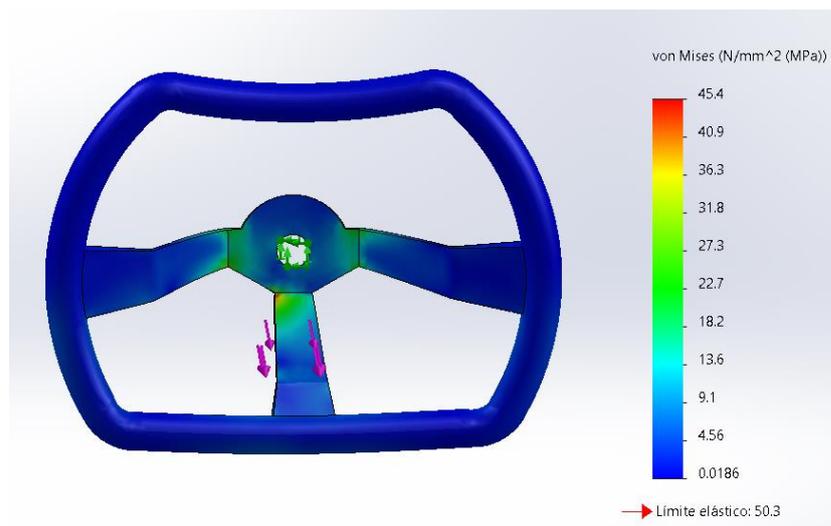


Figura 62. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PETG y una carga axial.

3. Desarrollo proyecto

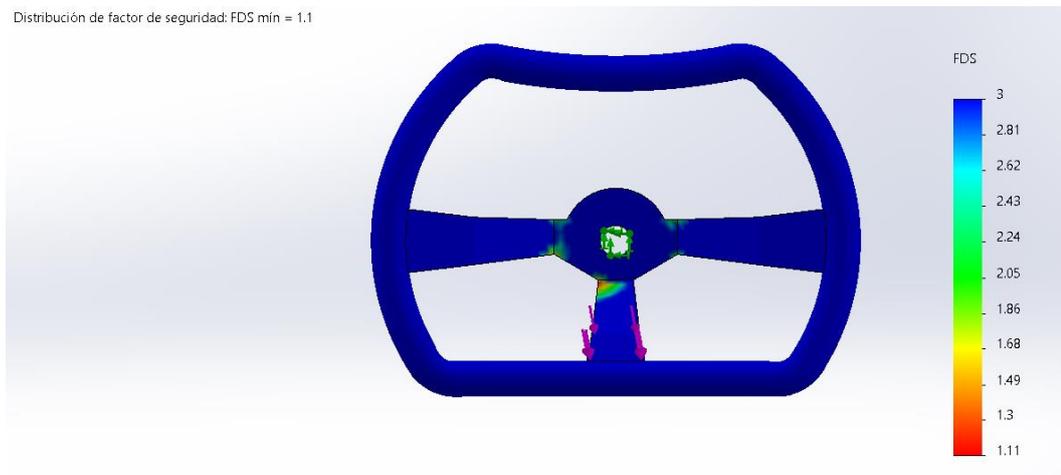


Figura 63. FDS del diseño modificado con PETG y una carga axial.

Si se analiza el PET con fibra de vidrio se obtiene una sorpresa, donde teníamos un valor de tensiones máximo de 50,5 MPa y se ha obtenido unos 47,3 MPa. En este caso sucede lo mismo que con el magnesio, se obtienen valores de tensiones menores y se mejora el factor de seguridad, el cual pasa de 1,6 a 1,71 (Figura 64) (Figura 65).

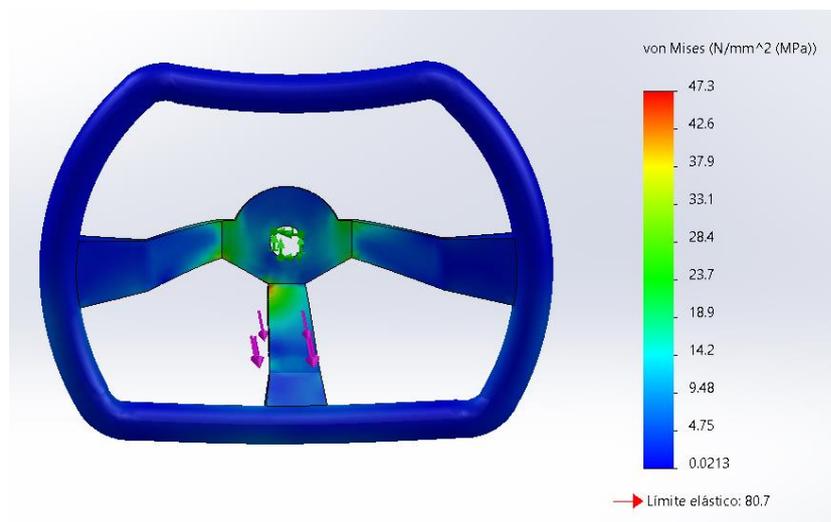


Figura 64. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.

3. Desarrollo proyecto

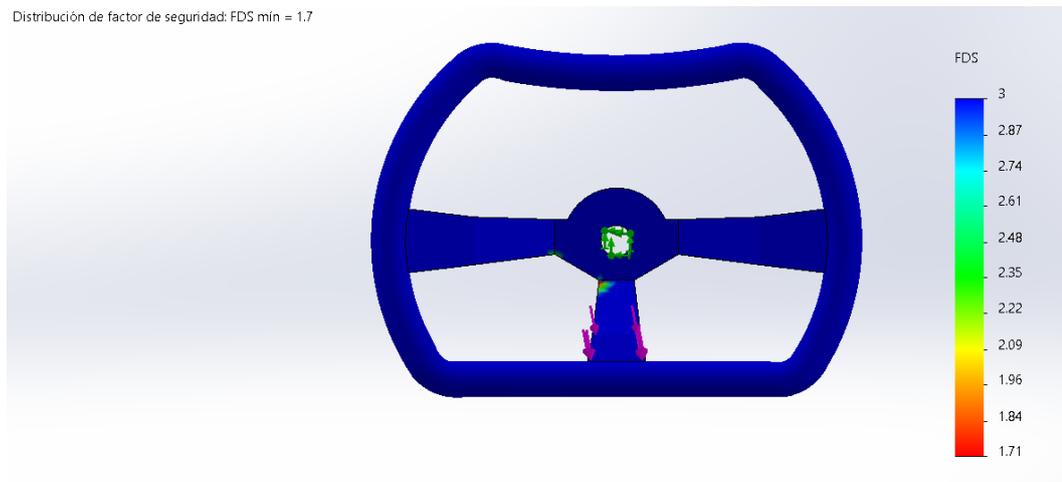


Figura 65. FDS del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga axial.

Por último, se analizará los resultados obtenidos con el ASA. En este caso, como era previsible se obtienen las mismas conclusiones que con el ABS. Pasando de un valor máximo de 39 MPa a 45,1 MPa, y por otro lado pasando de 0,955 a 0,825.

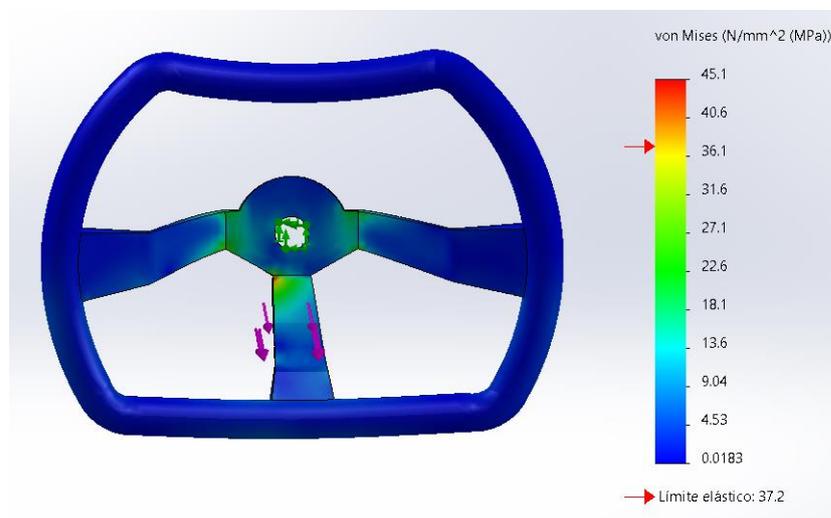


Figura 66. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ASA y una carga axial.

3. Desarrollo proyecto

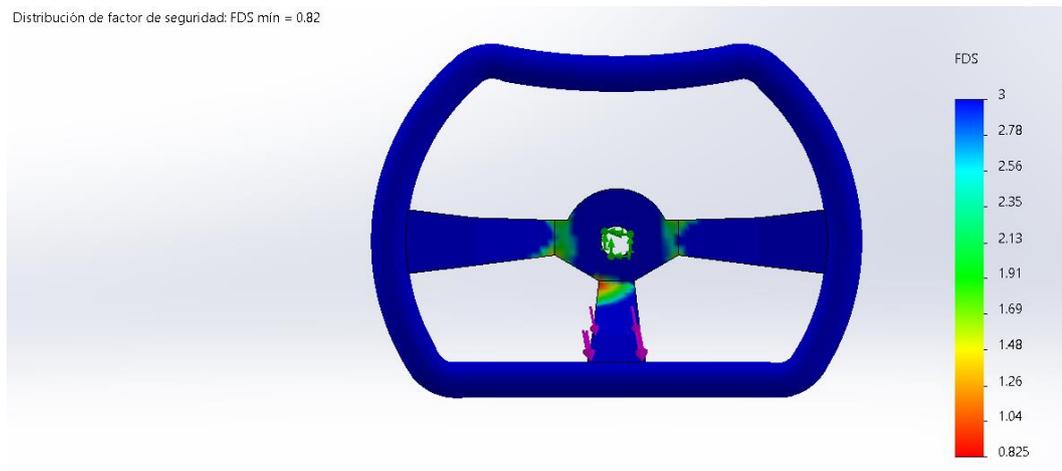


Figura 67. FDS del diseño modificado con ASA y una carga axial.

Si se analiza de nuevo los valores obtenidos con el diseño original y con las modificaciones en el volante, se puede ver cómo tanto el magnesio como el PET con fibras han obtenido mejoras en sus valores; pero por el contrario en todos los demás se ha conseguido peores resultados. Esto se puede deber a que los materiales que son menos rígidos, por lo general, generan mayor flexión que provoca mayores cargas y en consecuencia mayores esfuerzos que hace que el material pueda sufrir más.

PROPIEDADES MECÁNICAS ORIGINAL	Magnesio	ABS	PETG	PET+Fibras	ASA
Tensión máxima según Von Mises (MPa)	57,7	42,1	40,2	50,5	39
Factor de seguridad	2,13	0,86	1,25	1,6	0,955

Tabla 9. Tabla comparativa de los resultados del diseño modificado con una carga axial.

PROPIEDADES MECÁNICAS MODIFICADO	Magnesio	ABS	PETG	PET+Fibras	ASA
Tensión máxima según Von Mises (MPa)	48,2	45,8	45,4	47,3	45,1
Factor de seguridad	2,55	0,789	1,11	1,71	0,825

Como se puede observar, tanto el ABS como el ASA no cumplen con los rangos de seguridad, por este motivo se intentará aumentar ligeramente el espesor de las zonas donde se producen las mayores tensiones y ver si son capaces de reducir dichas tensiones.

3. Desarrollo proyecto

Por último, se analizará los resultados obtenidos con la simulación de una carga tangencial en el diseño modificado. Tras esto se obtendrá una conclusión sobre todos los materiales y de los cuales se seleccionará uno de ellos.

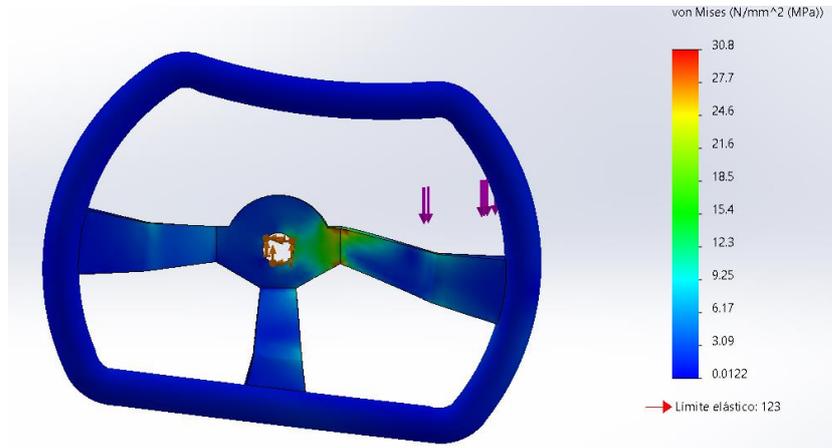


Figura 68. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con magnesio y una carga tangencial.

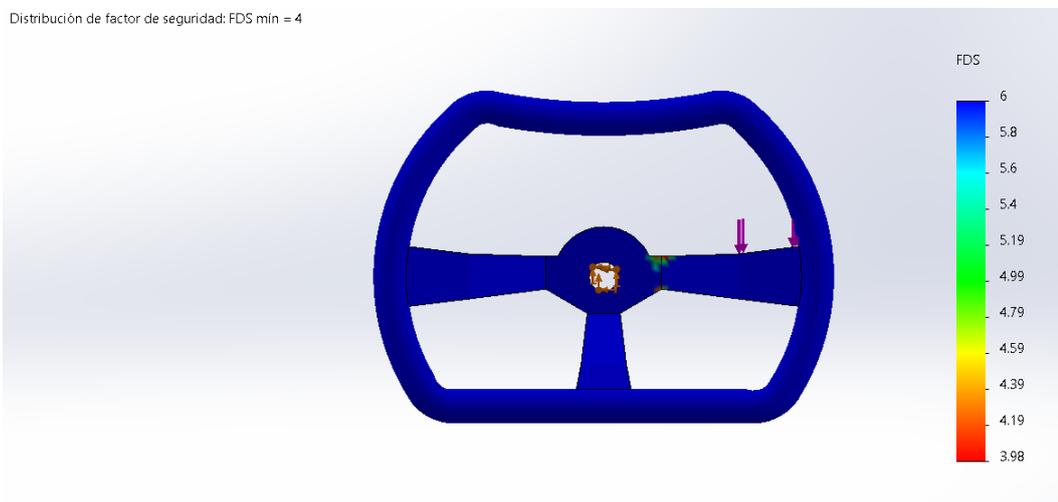


Figura 69. FDS del diseño modificado con magnesio y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

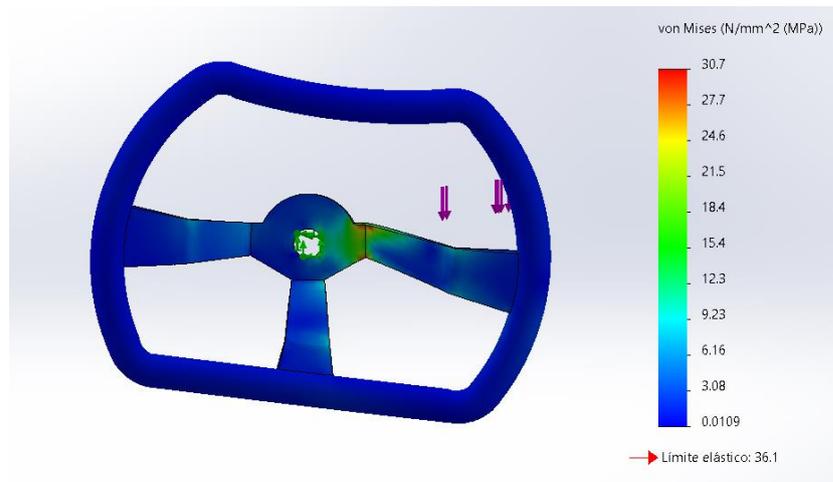


Figura 70. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ABS y una carga tangencial.

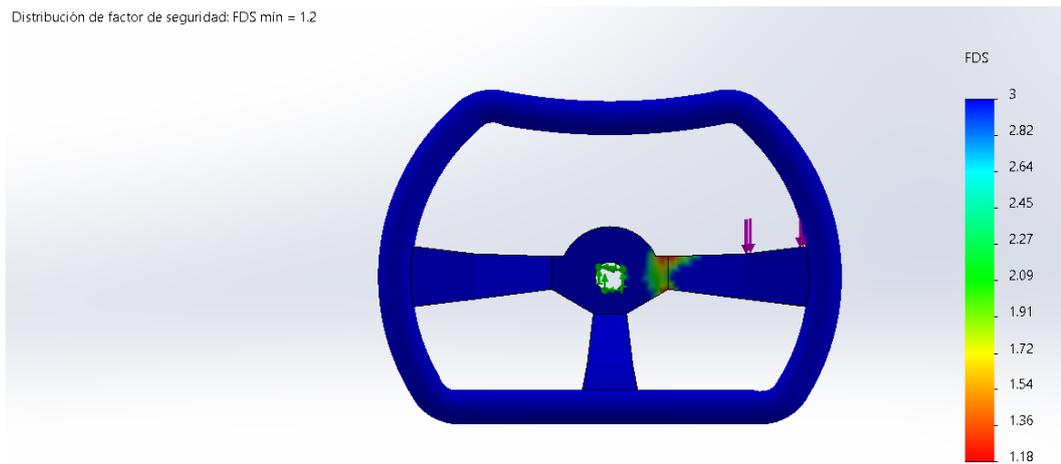


Figura 71. FDS del diseño modificado con ABS y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

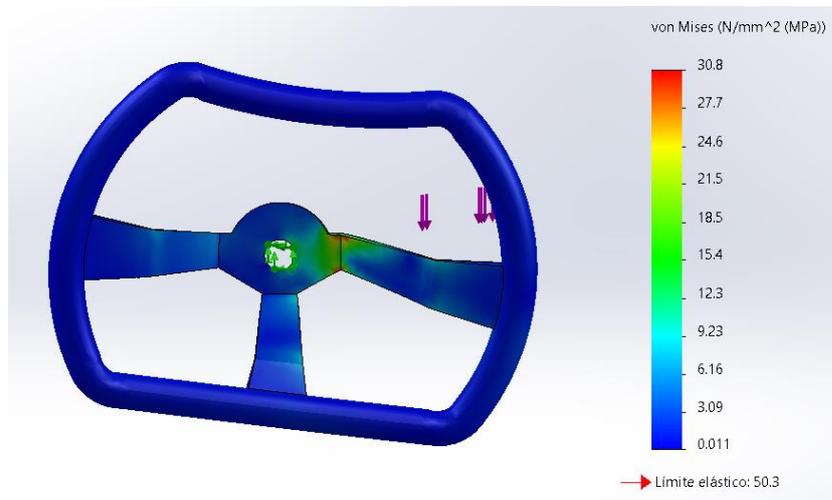


Figura 72. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PETG y una carga tangencial.

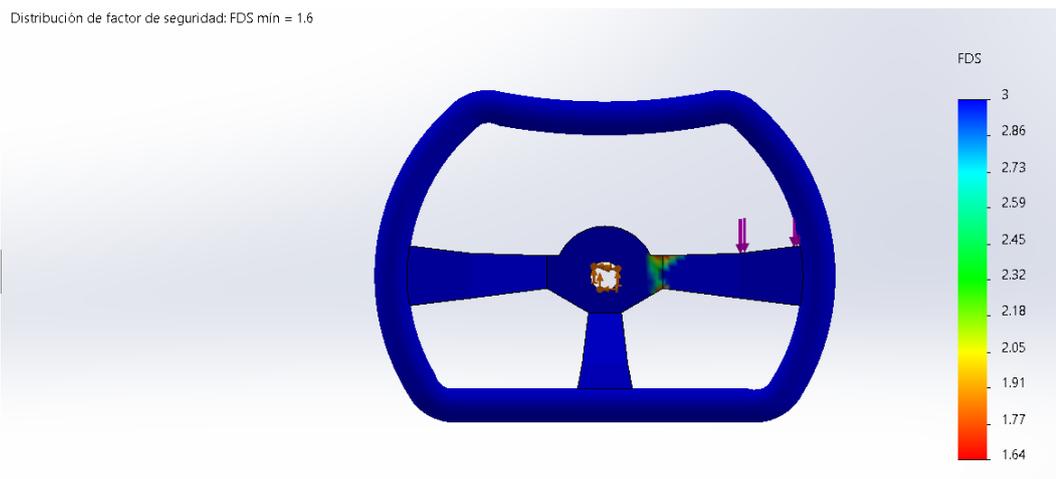


Figura 73. FDS del diseño modificado con PETG y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

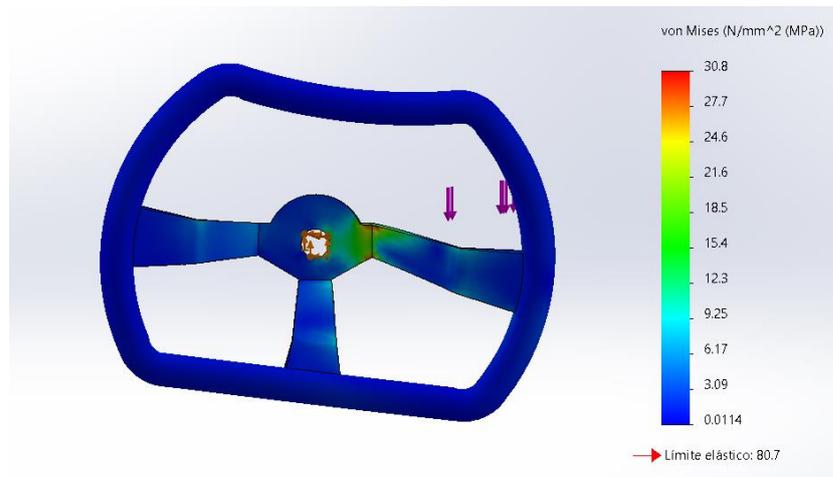


Figura 74. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial.

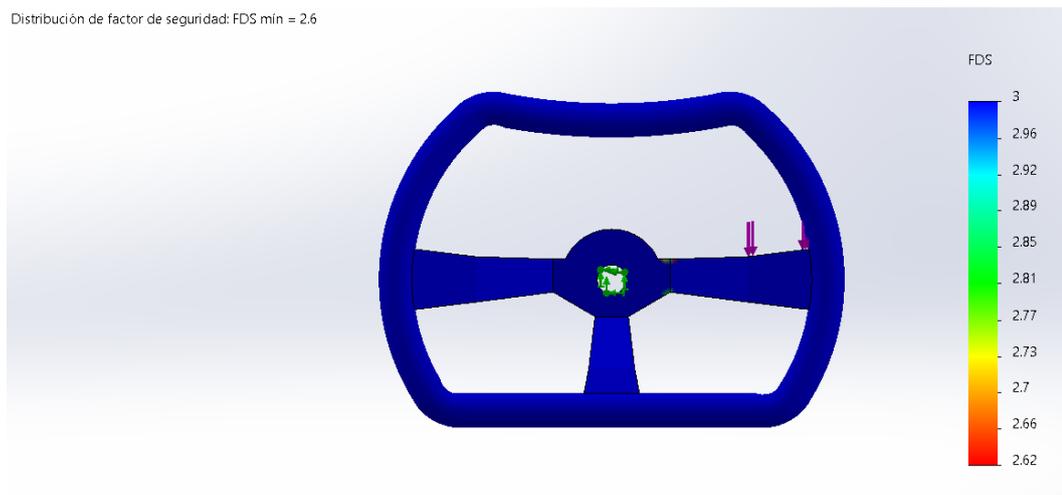


Figura 75. FDS del diseño modificado con PET + Fibra de vidrio y una carga tangencial.

3. Desarrollo proyecto

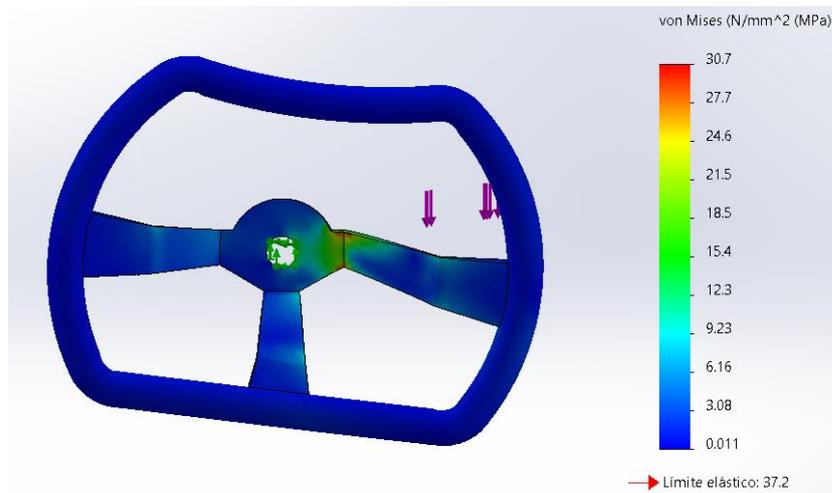


Figura 76. Tensiones de Von Mises del diseño modificado con ASA y una carga tangencial.

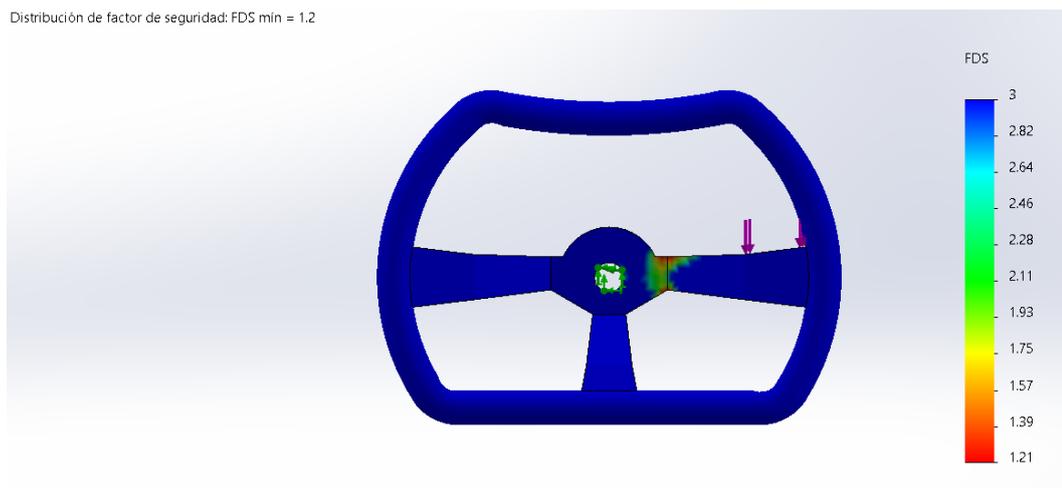


Figura 77. FDS del diseño modificado con ASA y una carga tangencial.

Tras comparar todos los resultados de la simulación de diseño modificado con una carga tangencial (Tabla 10), podemos observar que se ha mejorado todos los resultados obtenidos previamente.

Tabla 10. Tabla comparativa de los resultados del diseño modificado con una carga tangencial.

PROPIEDADES MECÁNICAS	Magnesio	ABS	PETG	PET+Fibras	ASA
Tensión máxima según Von Mises (MPa)	30,8	30,7	30,8	30,8	30,7
Factor de seguridad	3,98	1,18	1,64	2,62	1,21

3. Desarrollo proyecto

3.4. DISEÑO FINAL.

Después de analizar todas las simulaciones realizadas a cada uno de los materiales, podemos obtener varias conclusiones. La primera de todas, el diseño simulado con magnesio como material está bastante sobredimensionado. Con este último hemos sido capaces de obtener FDS mínimo de entre 3,98 y 2,13; valores bastante por encima del 1,2 que se buscaba originalmente. Por este motivo, el diseño para el magnesio se podría reducir ligeramente para ahorrar material y con ello el precio y peso del volante. La segunda conclusión, a excepción de algunas simulaciones donde se ha tenido que modificar espesores del diseño original, se ha obtenido valores próximos a un FDS de 1,2. Por este motivo, se puede asegurar que la utilización de plásticos como material para el núcleo del volante sería factible sin necesidad de utilizar polímeros técnicos. Y la tercera conclusión obtenida, las modificaciones propuestas no sólo no han afectado al comportamiento negativamente, sino que se ha sido capaz de mejorar los resultados hasta un 13% con algunos materiales.

Si se tuviera solo en cuenta los resultados obtenidos, el material que nos interesaría sería el PET + Fibras, el cual ha sido capaz de llegar a valores muy próximos a los del magnesio. Por otro lado, el PETG también sería una elección posible, ya que se han obtenido valores con márgenes bastantes buenos.

Por otro lado, también deberíamos tener en cuenta cosas como la densidad de los materiales y el precio de estos (**Tabla 11**).

Tabla 11. Tabla con otros criterios para tener en cuenta.

	Magnesio	ABS	PETG	PET+Fibras	ASA
Densidad (kg/m ³)	1830	1080	1280	2390	1060
Precio bobina (€)	-	13,64	23,98	-	23,02
Peso modelo original (kg)	1,75	1,033	1,22	2,28	1,013
Peso modelo modificado (kg)	1,53	0,902	1,069	1,99	0,89
Variación de peso (kg)	-	+0,042	-	-	+0,042

3. Desarrollo proyecto

Como se ha comentado durante todo el trabajo, en los últimos años un punto clave en el diseño de vehículos es el tema del peso. Por este motivo, se debería valorar en la elección del material este parámetro. Si se observa, según la elección anterior según resultados de la simulación se había elegido el PET + Fibra de vidrio, pero si miramos su densidad es el de mayor valor. En su defecto, los dos materiales que un principio necesitaron de una modificación en el diseño son los de menor densidad y aun teniendo este aumento de dimensiones, los pesos siguen siendo los más reducidos. Por este motivo cualquiera de estos dos sería una buena elección.

Por último, otro punto clave en la elección es el precio de las bobinas para fabricar el diseño. Primero de todo, el PET + Fibra de vidrio ha sido imposible de conseguir un precio aproximado, ya que es un material comercial muy técnico y no de fácil obtención; por este motivo no se puede tener en cuenta en este criterio. Además, hay que tener en cuenta que para imprimir este tipo de materiales se necesita de impresoras costosas y de grandes dimensiones. En cuanto a los otros tres, aunque los precios de las bobinas tienen rangos muy variados según la calidad del plástico, el ABS es el que se ha encontrado con menor precio. Todos los precios mostrados son de la misma página web y de la misma marca.

Si se modificara el diseño original, aumentado espesores, el ABS sería a priori la mejor opción entre las otras cuatro, pero no se ha tenido en cuenta un problema grande con este material el “warping”. Como se ha mencionado al principio, el ABS tiene el problema que suele sufrir deformaciones cuando se enfría y esta propiedad se agrava como mayor sea la pieza, por lo que no se ve una opción viable en nuestro debido a la dificultad en controlar dicha propiedad. Esta propiedad también lo tiene el ASA, pero con menor porcentaje. Otra característica que tienen el ABS y el ASA es que ambos desprenden humos tóxicos durante su impresión, por lo que se debe tener especial cuidado durante el proceso.

Aunque todos los materiales tienen ventajas y desventajas, finalmente se elegirá cómo material para el diseño el PETG. Aunque es el material de mayor precio de bobina, también tenemos la gran ventaja de la facilidad de impresión en comparación con los otros materiales. Además, el no desprender humos tóxicos o no sufrir “warping”

3. Desarrollo proyecto

facilitan enormemente la impresión. Con el PETG se han obtenido los mejores resultados dejando de lado el PET + Fibras. En cuanto al peso, aunque el ABS y el ASA tienen menor densidad, casi no hay diferencia entre ellas por lo que no tiene sentido valorar dicho criterio. Por último, el PETG es uno de los que aguanta mejor la luz UV, problema muy importante en los volantes que afecta considerablemente a su apariencia y su resistencia.

3.5. FABRICACIÓN.

Como se ha mencionado en los objetivos del proyecto, la idea es que cualquier persona pudiera fabricar su propio volante con la ayuda de una impresora 3D. Por este motivo, la elección de todos los materiales eran plásticos que se podían imprimir con mayor o menor facilidad.

Aunque los usos que suelen darles las personas a las impresoras son objetos de pequeñas dimensiones y puede parecer descabellado el uso de este tipo de maquinaria para elementos tan complejos y de grandes dimensiones como en este caso, hay que indicar que empresas que incorporan las impresoras 3D en las fases de diseño de sus productos o en la propia cadena de fabricación, como la Nasa llevan varios años utilizando este tipo de procesos para fabricar diferentes elementos para sus cohetes.

Pero antes de todo se explicará en qué consiste este tipo de maquinaria. Una impresora 3D consiste en una máquina capaz de imprimir figuras con volumen que previamente se ha diseñado mediante diferentes programas de diseño 3D. Este tipo impresoras, a diferencia de las convencionales que se puede tener en casa o en una oficina, no utiliza tinta sino diferentes filamentos plásticos que recrean el objeto que se le halla indicado.

El funcionamiento de una impresora 3D consiste en una boquilla que funde el material y lo va depositando. Ésta no imprime de golpe lo que nosotros queramos, sino que descompone el objeto en diferentes capas y las va creando una a una. El problema de este tipo de impresión es que esta no es capaz de imprimir en el aire, por este motivo

3. Desarrollo proyecto

se le debe ayudar al diseño colocando elementos de suportación para poder imprimir dichas zonas y posteriormente eliminarlas para obtener nuestro objeto. En el mercado hay diferentes tipos de impresoras 3D que utilizan diferentes métodos para crear el objeto sólido o que pueden utilizar diferentes materiales aparte de polímeros, pero en nuestro caso utilizaremos las típicas FDM (Fused Deposition Modeling), las cuales imprimen capa a capa empezando de abajo a arriba (**Figura 78**) (*Impresoras 3D*, n.d.).



Figura 78. Imagen de una impresora 3D FDM. (*Impresora 3D-FDM «LK1 Pro», n.d.*)

Una vez se tenga claro el tipo de impresora 3D que se utilizará para fabricar el volante, se deben tener varios puntos para tener en cuenta a la hora de elegir. Primero de todo, se deberá elegir una impresora con una cama suficientemente grande para poder imprimir nuestro diseño, más adelante, cuando se haya determinado la posición en que se imprimirá el diseño se elegirá una impresora. La cama es la superficie de impresión de una impresora 3D que puede ser de diferentes materiales y que puede o no ser calefactable. Una cama caliente o calefactable tiene el objetivo de que adhiera la superficie de la pieza a la cama y evitar que esta se desprenda debido a las deformaciones producidas durante el enfriamiento de la pieza (*¿Pensando En Adquirir Una Cama Caliente Para Tu Impresora 3D?, n.d.*).

3. Desarrollo proyecto

Otro punto para tener en cuenta es el material que se emplea, donde dependiendo de éste se deberán variar algunos parámetros del proceso y la impresora deberá ser capaz de poder proporcionarlos. En este caso como el material elegido es PETG, la impresora deberá ser capaz de (Trapero, 2020):

- Temperatura de extrusión entre los 220 y 250 °C
- Temperatura de la superficie de impresión entre los 60 y 90 °C. Como se ha comentado antes es muy útil tener una cama caliente para evitar deformaciones en nuestra pieza y con el PETG es imprescindible el uso de ésta.
- Velocidad de impresión recomendada de 60 mm/s

Pero como todos los procesos de fabricación, no es fabricar y disfrutar, al contrario, se necesitará de diferentes posts procesos para dejar la pieza con el acabado que se desea. Como se ha comentado antes, las impresoras 3D no son capaces de imprimir en el aire y en este caso no es diferente. Por este motivo, se deberán añadir diferentes soportes para poder imprimir el volante. El problema de esto es que cuando se tenga la pieza se deberá eliminar dichos soportes, siempre teniendo el máximo cuidado para no dañar la pieza. Este proceso puede llevar más o menos tiempo y ser más costoso o no dependiendo de la ubicación previa de éstos. En este caso hay tres posibles posiciones para imprimir, la primera con el aro apoyado en la cama de la impresora, el segundo con el punto de sujeción con la caña de dirección sobre la cama, o en vertical. La elección de una de las tres dependerá del material utilizado por los soportes y de la facilidad de la impresión. Para sacar los soportes se utilizará el programa CURA el cual colocará las suportaciones necesarias para la impresión e indicará el tiempo de impresión.

Para que el programa realice la simulación se deberá elegir una impresora, para que todas se analicen con las mismas condiciones se elegirá una impresora con la cama suficientemente grande para que sea capaz de imprimir el modelo en cualquiera de las posiciones propuestas a continuación.

3. Desarrollo proyecto

La primera posición, con el aro tocando la cama de la impresora. La mayoría de las impresoras, si se regulan correctamente, pueden ser capaces de llegar a imprimir piezas con partes inclinadas superiores a 45° . Como se puede observar (**Figura 79**) los soportes se indican en color celeste, colocados al comienzo de los radios del volante deberá tener soportes para evitar deformaciones y una buena adhesión de capas. Por otro lado, la parte del buje está totalmente en el aire por lo que también necesitaría de soportes. Con esta posición, el programa indica que el proceso necesitará de 2 días 15 horas y 27 minutos para completar la impresión y utilizará 1230 g de PETG (**Figura 80**).

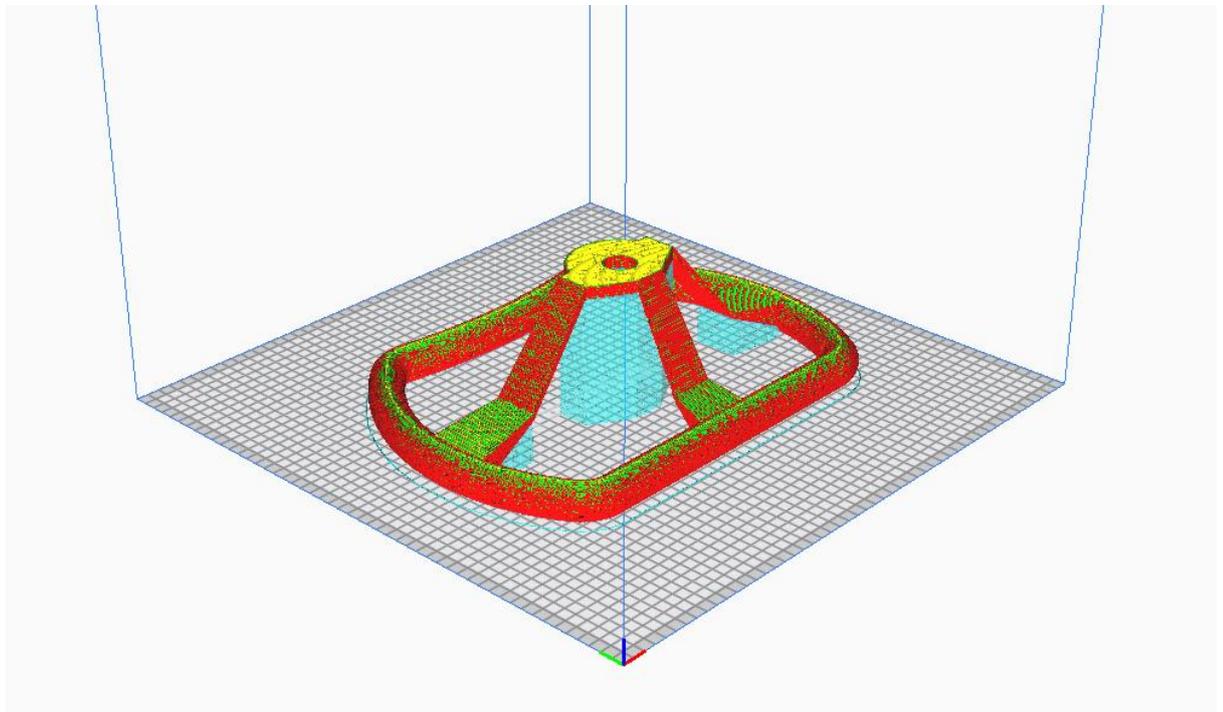


Figura 79. Posición del volante con el aro apoyado en la cama. Captura donde se muestra la suportación generada automática por el programa CURA cuando se coloca el volante con el aro apoyado con la cama de la impresora 3D.

3. Desarrollo proyecto

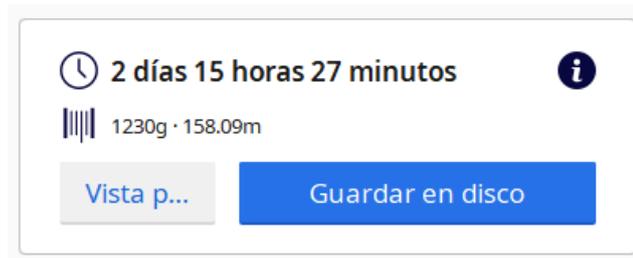


Figura 80. Tiempo y material gastado para la impresión con el aro apoyado en la cama. Captura del programa CURA donde se muestra una aproximación en tiempo y material de la impresión con el aro apoyado en la cama.

La segunda posición, con el buje apoyado en la cama. Al igual que en la posición anterior, el inicio de los radios necesita de soportes y, además, el aro el cual está en el aire y necesitará de soportes (**Figura 81**). En este caso, al haber más suportación necesitaremos más tiempo, 3 días 10 horas y 35 minutos, y de más material, 1637 g (**Figura 82**).

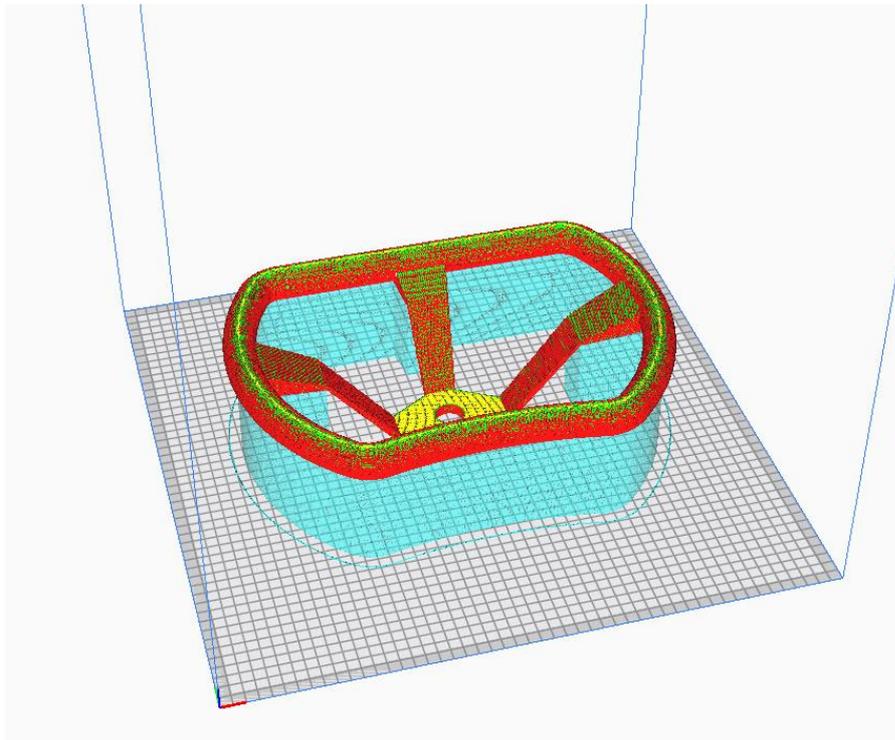


Figura 81. Posición del volante con el buje apoyado en la cama. Captura donde se muestra la suportación generada automáticamente por el programa CURA cuando se coloca el volante con el buje apoyado con la cama de la impresora 3D.

3. Desarrollo proyecto

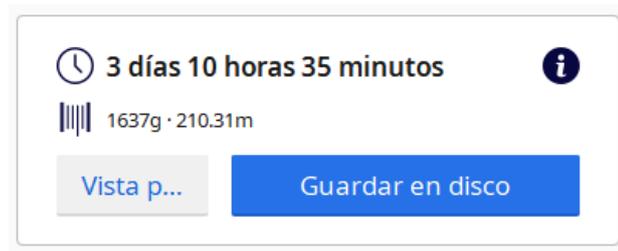


Figura 82. Tiempo y material gastado para la impresión con el buje apoyado en la cama.
Captura del programa CURA donde se muestra una aproximación en tiempo y material de la impresión con el buje apoyado en la cama.

Por última opción, el volante en vertical. Para la impresión de la pieza solo se necesitará apoyos en los radios laterales (**Figura 83**) Además, el programa nos indica que se necesitará de 3 días 13 horas y 13 minutos para realizar el proceso con tan solo 1405 g (**Figura 84**).

3. Desarrollo proyecto

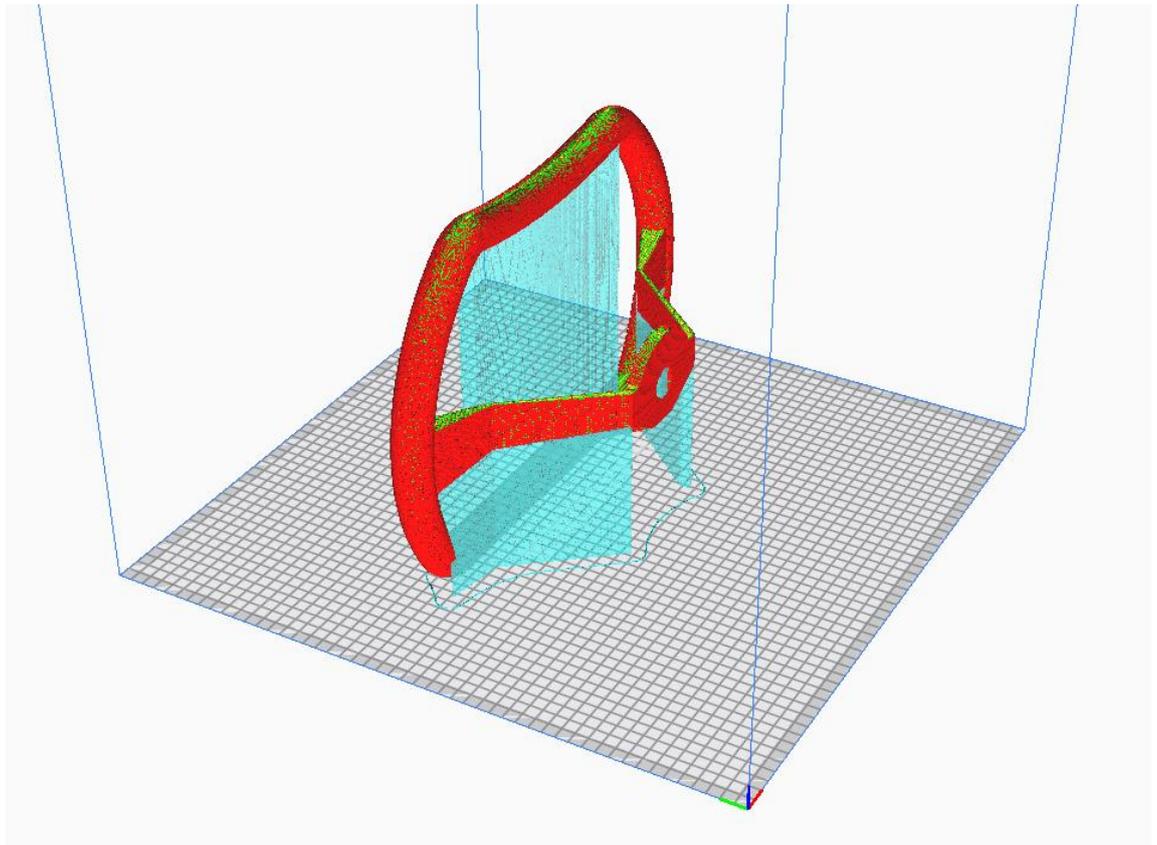


Figura 83. Posición del volante en vertical a la cama. Captura donde se muestra la suportación generada automática por el programa CURA cuando se coloca el volante en vertical a la cama de la impresora 3D.

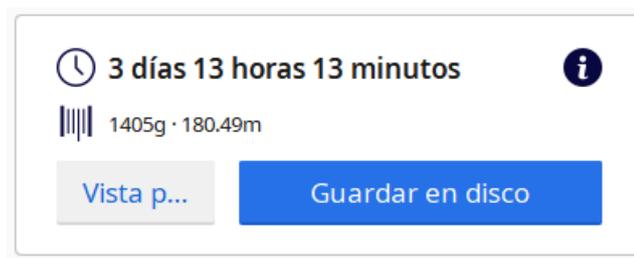


Figura 84. Tiempo y material gastado para la impresión con el buje apoyado en la cama. Captura del programa CURA donde se muestra una aproximación en tiempo y material de la impresión con el buje apoyado en la cama.

Como se ha podido observar en los resultados obtenidos con el programa CURA, la posición la cual se necesitará menos tiempo y en menos material es la del volante con

3. Desarrollo proyecto

el aro apoyado en la cama de la impresora (**Figura 79**) y es la que se utilizará. Por este motivo, la impresora que se vaya a utilizar, además de cumplir con las características antes mencionadas, deberá tener una cama lo suficientemente grande para poder imprimir el aro exterior del volante el cual es de 350 mm. Para este proyecto se ha elegido la TRONXY X5SA-500 PRO (**Figura 85**). Esta impresora dispone una cama caliente de 500x500x600, lo cual es suficiente para imprimir el diseño.



Figura 85. Impresora TRONXY X5SA-500 PRO. (*Tronxy X5SA-500 PRO Impresora 3D FDM Ultra Silencioso - Negro Enchufe UK, n.d.*)

3. Desarrollo proyecto

<p style="text-align: center;">General</p>	<p>Marca: Tronxy Modelo: X5SA-500 PRO Tipo: Hagalo usted mismo Material(Marcos): Extrusión de Aluminio Tablero de plataforma: Aleación de aluminio, Hoja de aluminio Cantidad de boquilla: Soltero Diámetro de Boquilla: 0.4mm Temperatura de la boquilla: 0 a 260 grados tamaño forma producto: 500 * 500 * 600mm Grosor de la capa: 0,1-0.4mm Impresión en línea tarjeta de memoria: tarjeta SD Pantalla LCD: Sí Velocidad de impresión: 20-100 mm / s Recomendado de 60mm / s Temperatura de la plataforma: 0 a 110 grados Material de apoyo: ABS, PLA flexible, HIPS, PETG, PLA, Madera Diámetro de Material: 1.75mm Idioma: Chino, Inglés Formato de archivo: G-código, STL Función de apoyo del modelo: Sí Voltaje: 110V / 220V Energía de trabajo: Entrada: AC 110 / 220V, salida: 24V, 21A Peso del producto: Embalaje ensamblado sistema operativo: Windows, Linux, Mac, etc. Tipo de Conector: USB</p>
<p style="text-align: center;">Dimensiones y peso</p>	<p>Peso de Producto: 27,0000 kg Peso de Paquete: 28,5000 kg Tamaño del producto (largo*ancho*alto) : 76,00 x 83,00 x 92,00 cm / 29,92 x 32,68 x 36,22 pulgadas Tamaño de paquete: 85,70 x 57,20 x 20,50 cm / 33,74 x 22,52 x 8,07 pulgadas</p>

Figura 86. Características de la impresora 3D TRONXY X5SA-500 PRO. (Tronxy X5SA-500 PRO Impresora 3D FDM Ultra Silencioso - Negro Enchufe UK, n.d.)

Como se puede ver en sus características (**Figura 86**), la impresora cumple con todas las características mencionadas anteriormente. La boquilla puede llegar a una temperatura de hasta 260 °C, para el material necesitamos una de entre 220 y 250 °C. Como se ha comentado tiene una cama caliente de 500x500x600 suficiente para imprimir el diseño. Las velocidades de impresión pueden llegar hasta 100 mm/s, pero por recomendación de tanto la máquina como para la impresión del material se usará una velocidad de 60 mm/s. Tiene una cama calefactable capaz de llegar hasta 110 °C temperatura suficiente para la temperatura de entre 60 y 90 °C que necesitamos para una adhesión de las capas con PETG. Por último, como es obvio la impresora es capaz de imprimir PETG.

3. Desarrollo proyecto

Una vez impresa la pieza y eliminados todos los soportes se deberá realizar el lijado de la pieza, ya sea que nuestra pieza necesite un buen acabado ya que después no irá recubierta de otro material o que el material tenga un buen acabado a la hora de la impresión, siempre deberemos de lijar nuestro objeto. Siempre se deberá realizar un lijado con cuidado y sin utilizar demasiada presión para no dañar la pieza (*Postproceso de Impresión 3D: ¿Cómo Lograr El Acabado Ideal?*, 2019).

Aunque el PETG tiene un buen acabado en su impresión, sería recomendable recubrirlo de otro material para aumentar el agarre de las manos y evitar deslizamiento a causa del sudor o la grasa de las manos. Los materiales suelen recubrirse de diferentes materiales, como el cuero, la alcántara o incluso madera en modelos más lujosos. En este caso se utilizará polipiel, es un material que asemeja el tacto y el acabado de la piel, pero en verdad es un material plástico. Este material destaca por su calidad y gran resistencia al desgaste producido por el sudor y las grasas de las manos. Además, es un material de fácil mantenimiento y de precio reducido. (*¿Cuánto Cuesta Tapizar El Volante Del Coche?*, n.d.; *Tipos de Materiales Para Tapizar Un Coche*, n.d.; Neoattack, 2018)

Para el recubrimiento del volante, se utilizará una funda de polipiel la cual irá sujeta al volante mediante un trenzado con un hilo resistente que sujetará la funda al volante (**Figura 87**).



Figura 87. Trenzado para fijar la funda al volante. Imagen donde se muestra el trenzado que se debe realizar a la funda del volante para que ésta quede bien fijada al volante. (*Costuras Artesanales En El Forro Del Volante de Cuero.*, n.d.)

3. Desarrollo proyecto

Es recomendable que se fije correctamente la funda a los radios del volante para evitar que ésta se pueda deslizar durante su uso. Además, si quemamos los extremos finales del hilo se evitará que se pueda deshilar debido a un mal trenzado.



Cubrevolante (protector de volante)
DBS - 01012808

Saber todo acerca de la pieza

Hay que saber:

Color:	Rojo, Negro
Materia:	Polipiel
Diámetro del volante:	380 mm
Cantidad:	1
Composición:	Unitario

Figura 88. Funda para volante.

3. Desarrollo proyecto

3.6. ESTUDIO ECONÓMICO.

A la hora de realizar el presupuesto se debe tener varias cosas en cuenta. La primera de toda, para imprimir la pieza en 3D se necesitará saber de antemano la cantidad de material que emplearemos para fabricar la pieza, la cantidad de tiempo que durará la impresión, el precio de la impresora que se utilizará y el tiempo de amortización, así como las operaciones que serán necesarias para dejar la pieza con un buen acabado.

Como se ha dicho antes, se necesitará saber previamente a ponerse a fabricar la cantidad de plástico que se utilizará para crear nuestro volante, ya que, si no se calcula correctamente el número de bobinas o el tamaño de ésta, se deberá pausar la impresión. Esto no es recomendable ya que puede afectar a la unión entre capas y hacer más costoso el proceso de impresión. Hay que tener en cuenta que no solo se necesita saber la cantidad de material para crear la pieza, sino también la cantidad de material que se utilizará para los soportes de la pieza. Esta cantidad no se necesita que sea demasiado exacta y con un valor aproximado bastará.

Para conocer el material necesario para crear la pieza se utilizará el programa llamado CURA, el cual es un programa que ayuda a controlar los parámetros a la hora de realizar una impresión en una impresora 3D. En este programa cargaremos nuestro diseño en formato *.stl*, se situará el diseño en la posición y orientación que más conveniente, se añadirá los soportes si es necesario y se ajustarán las variables para la impresión.

Como se ha mencionado en el apartado de fabricación, se utilizarán 1230 g de PETG, los cuales se utilizarán tanto para fabricar la pieza como los soportes de ésta. Otra cosa que se deberá indicar es el coste del material, en este caso el precio aproximado del PETG es de 30€.

Por otro lado, se necesita saber el tiempo que se necesitará para imprimir la pieza. Esto influirá directamente al consumo de luz de proceso e indirectamente al tiempo que la impresora estará ocupada en el proceso, ya que durante dicho tiempo no se podrá

3. Desarrollo proyecto

utilizarla para ningún otro fin. Dentro de este apartado entraría el consumo de la impresora, normalmente este valor nos lo proporciona el fabricante en la ficha técnica de ésta, o muchas veces te proporciona el voltaje y la intensidad, lo que solo multiplicando ambas se podrá conseguir la potencia consumida por la impresora.

En este caso, la impresión durará 2 días 15 horas y 27 minutos, es decir 75,45 horas de impresión, y se deberá calcular el consumo aproximado que tiene la impresora que se ha elegido. Según las características que proporciona el fabricante, esta impresora tiene un voltaje de 24 V y un consumo máximo de 21 A, por ese motivo si se multiplica dichos valores se obtiene un consumo de 510 W o mejor dicho 0,51 kW. Además, se deberá indicar un coste medio de la luz, el cual será 0,15 €/kWh.

Respecto a la amortización de la impresora es un factor relativo, ya que dependerá del uso que se le dé a esta o la previsión que se tenga respecto a la duración de la impresora. Primero de todo se obtendrá el precio de la impresora que se ha elegido (Figura 89). Como no se sabe el tiempo que durará la impresora se planteará un tiempo de amortización de 5 años y se indicará el tiempo de uso diario de 8 horas durante 250 días, a estos días se le ha quitado los fines de semana y los días festivos.



TRONXY® X5SA-500PRO Impresora 3D de aluminio mejorada 500 * 500 * 600 mm Tamaño de impresión grande con extrusora Titan Modo ultra silencioso OSG Guía de doble eje
Marca: TRONXY ★★★★★ 23 Comentarios | 27 respondidas ID: 1612688

773,76€ ~~1.081,68€~~ -29% [Alerta de precio](#)

1,66€ Asignación para nuevos usuarios

Enviar desde: CN CN ES CZ

Envío: 138,20€
a Spain via EU Correo Directo
Tiempo de envío: 10-20 días hábiles

QTY:

[Comprar Ahora](#) [Añadir al Carrito](#) [1042](#)

Reembolso o reemplazo de 30 días
Garantía de reembolso

Pago seguro
Varias opciones de pago

refiera y gane 10% de descuento en cualquier orden

Figura 89. Captura del precio de la impresora. (TRONXY® X5SA-500PRO Impresora 3D de Aluminio Mejorada 500 * 500 * 600 Mm Tamaño de Impresión Grande Con Extrusora Titan Modo Ultra Silencioso OSG Guía de Doble Eje, n.d.)

3. Desarrollo proyecto

Por último, se deberá tener en cuenta que pueden suceder problemas durante la impresión que pueden estropear la pieza, por este motivo se añadirá un 10% de fallo que encarece el precio final.

Otra cosa para tener en cuenta es el coste de la persona que utilizará la persona para fabricar dicho volante. El sueldo aproximado de un operario puede ser 1600€, ya que ahí se incluye el alta del trabajador y el IRPF, trabajando 40 horas semanales durante 4 semanas al mes; obteniendo así un precio de 10€/h. Dentro de este apartado se debería añadir el tiempo que se invertido en el diseño y el estudio del prototipo, en este caso se emplea el tiempo que se ha utilizado para el trabajo. El trabajo se comenzó a principios de Abril con una inversión de 2 horas de media durante 6 días a la semana, hasta finales de Mayo que es cuando se plantea la entrega de la documentación. Este tiempo hace 72 horas de trabajo, que si se multiplica por el precio de 10€/h obtenido antes y daría un coste de 720 € por el trabajo.

Una vez se tenga claro todos los puntos claros, se puede realizar el cálculo del coste de la pieza.

Se empezará calculando el coste de los materiales, como la pieza con todos los soportes pesa 1230 gr y el coste del material es 30 €/kg, dando un coste de 36,90 €. Por otro lado, para calcular el coste energético sabemos que el coste de la luz es 0,15 €/kWh y el consumo medio de la impresora es de 0,51 kW, si se multiplican ambas cosas se obtiene un coste por hora de luz de 0,0765 €/h. Como se tiene el tiempo de la impresión, se pasa a horas dando 75,45 h y obteniendo un coste eléctrico de 5,77 €.

Para calcular la amortización de la máquina deberemos dividir el precio de ésta, 773,75 €; entre el producto del tiempo de amortización, 5 años, los días activos en todo el año, 250 días, y las horas de actividad durante el día, 8 h. Toda esta operación da un coste de amortización de 0,0773 €/h y si se multiplica por el tiempo de impresión se obtiene un coste de amortización de 5,84 €.

Se calculará el coste en mano de obra, tanto de preparación, 0,16 h, como el de postproducción, 0,5 h, y se multiplicará por el coste por hora del trabajador que es de 10 €/h. Todo esto dando un coste de preparación de 6,60 €.

3. Desarrollo proyecto

Una vez obtenidos estos tres costes, si los sumamos y lo multiplicamos por una tasa de fallo del 10% obtenemos un coste de fallo de 4,95 €.

Por último, si sumamos todos los costes que se han calculado obtendremos un coste total de la pieza de 60,62 € (**Figura 91**).

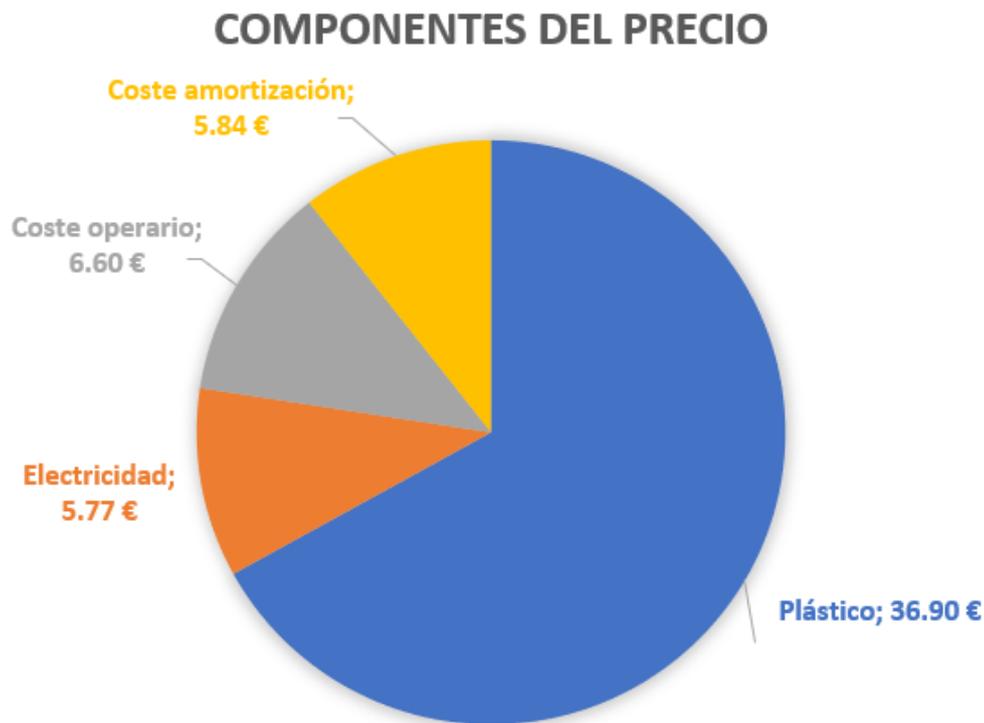


Figura 90. Desglose de costes durante la impresión

Por otro lado, una opción para la fabricación podría ser pedir a una empresa externa que fabricará dicho objeto. Esto tiene dos ventajas, se evitaría una gran inversión con la impresora 3D y se aseguraría, en el caso de no controlar demasiado de este mundo, que el proceso de fabricación fuera favorable. Además, si no se usa constantemente la máquina no tendrá sentido la amortización previamente calculada. En este caso se ha puesto en contacto con diferentes empresas de la zona para que dieran un presupuesto aproximado para la fabricación del volante. Después de analizar todas las ofertas se ha seleccionado la mejor opción, en cuanto precio, calidades ofrecidas y ubicación para el tema del transporte de la pieza.

3. Desarrollo proyecto

Como se puede observar, la empresa seleccionada nos cobraría 142,92 € para la impresión del volante, con un relleno del 100%, un acabado superficial bueno, 36 h de trabajo y 1200 gr de material (**Figura 91**). Dentro del presupuesto no se incluye el transporte, pero al situarse en Alcoy no habría problema para recogerlo.

Tanto en el presupuesto para la fabricación propia del volante como para el encargo de la fabricación, no se ha incluido el coste ni los costes del diseño de la pieza ni el coste de una funda para el volante; que como se ha comentado anteriormente mejoraría bastante la sujeción del volante.

3. Desarrollo proyecto



Infocoste El Romeral, S.L.U.
B-54473640
C/ Castalla, nº 11
Alcoy
03802 Alicante
TELF.: 966 440 201

Cod. Cliente 00001

Cliente de Contado

CIF/NIF

Nº Presupuesto: A002373

Fecha: 17/05/21

Cod.Artículo	Descripción	Cantidad	Precio	Dto %	Importe
.	Boquilla 0.8 capas 0.2 relleno 100% 36H *2.5 + iva mas filamento 1200gr	1,00	118,12	0,00	118,12

Base Imponible	Tipo	Imp.IVA.	TOTAL
118,12	21%	24,80	142,92

Figura 91. Presupuesto de fabricación del diseño por impresión 3D

3. Desarrollo proyecto

3.7. CONCLUSIONES

Después de analizar parte de la historia del volante, cómo desde sus orígenes no ha modificado casi su forma ni los materiales con que se fabricaba el núcleo de éste, se ha revisado el mundo de la competición y las diferentes modificaciones respecto al diseño original del volante, se han realizado simulaciones con diferentes materiales plásticos y con cargas que se aplican en maquinaria para los ensayos de éstos, y se ha valorado los procesos de fabricación y el coste que conlleva la fabricación del diseño; se han llegado a las siguientes conclusiones.

Como se ha observado en los resultados analizados con las diferentes cargas, se ha podido comprobar que tanto la fabricación del diseño original de un volante cómo la fabricación del diseño modificado sería factible con materiales plásticos. Hay que recalcar que la carga axial de 1 kN es una carga bastante elevada para la simulación de volante e incluso con dicho valor los diseños han conseguido pasar la simulación.

Debido a los buenos resultados con los materiales plásticos, la fabricación de la pieza a partir de impresora 3D, maquinaria que está cogiendo fuerza en el ámbito industrial, podría ser una fórmula viable. Como se ha comentado durante el trabajo, muchas empresas utilizan este tipo de proceso de fabricación para crear diferentes elementos mecánicos. Por otro lado, al ser un elemento que debe resistir cargas elevadas en caso de impacto, la unión entre capas durante la impresión 3D debe ser controlada y precisa para asegurar la máxima calidad del diseño.

Respecto al tema de la fabricación y el presupuesto, en el caso que la persona interesada tuviera su propia impresora con una cama lo suficientemente grande para realizar la impresión o le fuera a dar un uso constante; sería factible la adquisición y fabricación propia del diseño. Pero para personas que no tuvieran los medios o conocimientos necesarios para la fabricación, el encargo de la pieza sería la mejor opción. Por este motivo, la elección de unas de las dos opciones dependerá de la situación en que se encuentre la persona. Además, se puede observar que según el programa CURA el tiempo de impresión son 75,45 h y según la empresa que presupuesto el proyecto son

3. Desarrollo proyecto

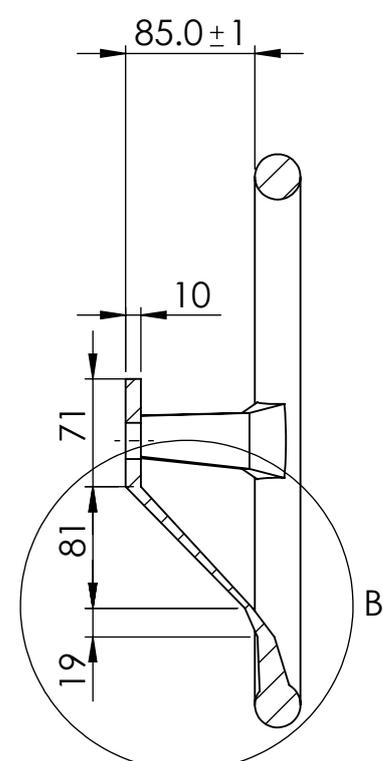
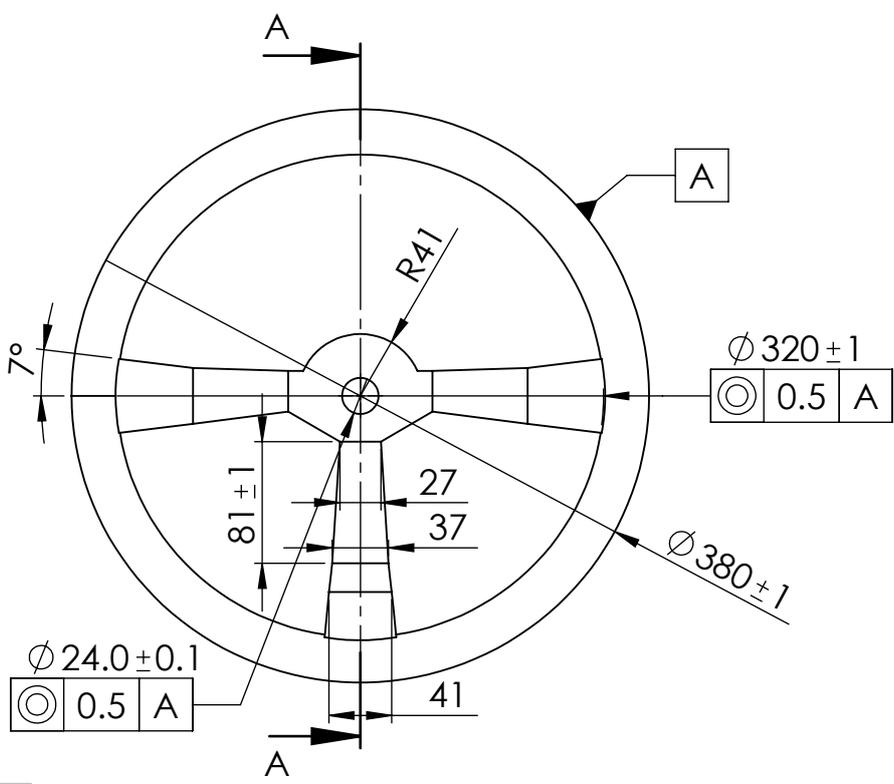
36 h, esto se puede deber a alguna variación en los parámetros seleccionados durante el apartado de fabricación.

Por último, hay que tener en cuenta, que el volante es una parte muy importante del coche y que una modificación incorrecta o un mal montaje de éste, podría conllevar problemas en la dirección del vehículo o provocar incluso un accidente. Por este motivo, para la utilización de un elemento de un vehículo que no es original, como es este caso, se debería de acudir a una empresa que homologara el diseño. Este tipo de procesos puede suponer un incremento en el precio de 266 € + IVA, donde se hicieran los diferentes ensayos y test de dirección necesarios para comprobar que nuestro volante es seguro.

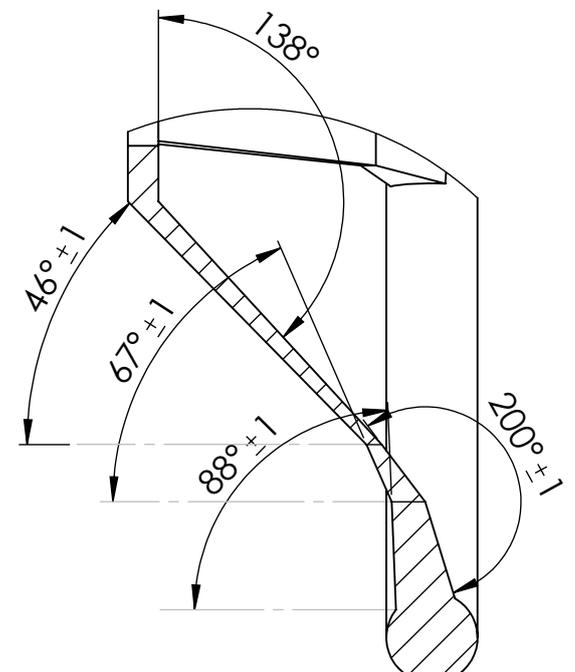
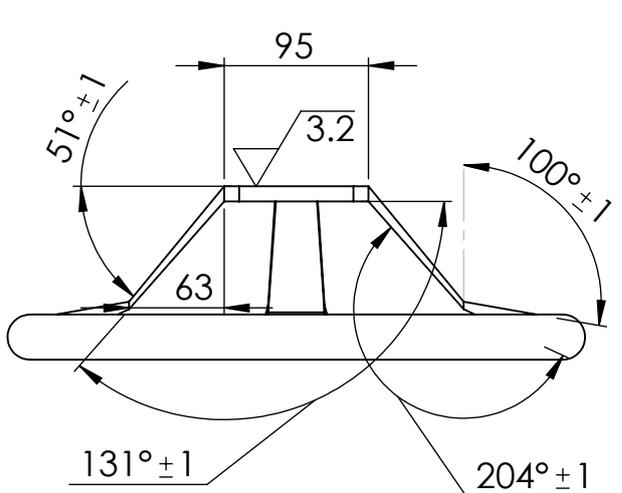
4. APÉNDICES

APÉNDICES

4.1. PLANOS ACOTADOS.



SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 5

$\sqrt{\text{Ra } 6.3}$

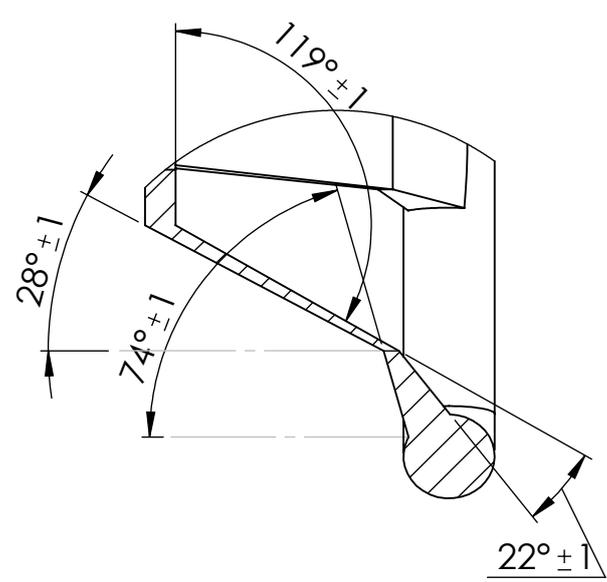
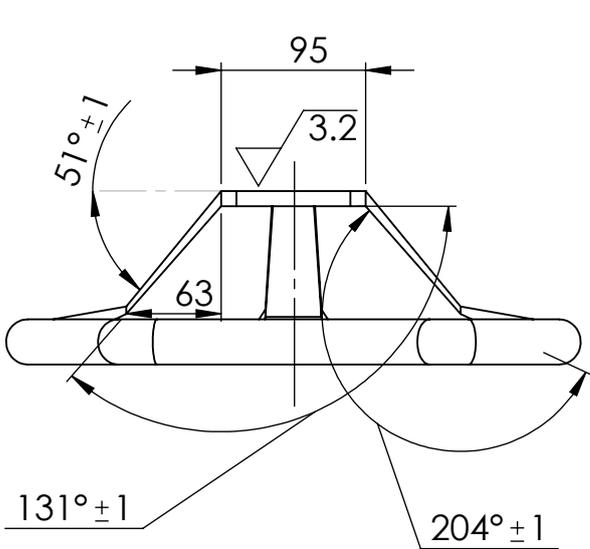
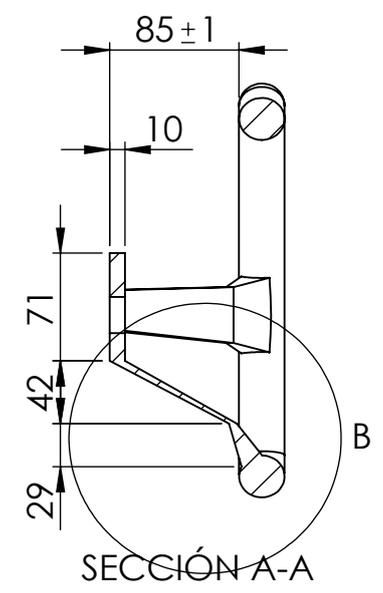
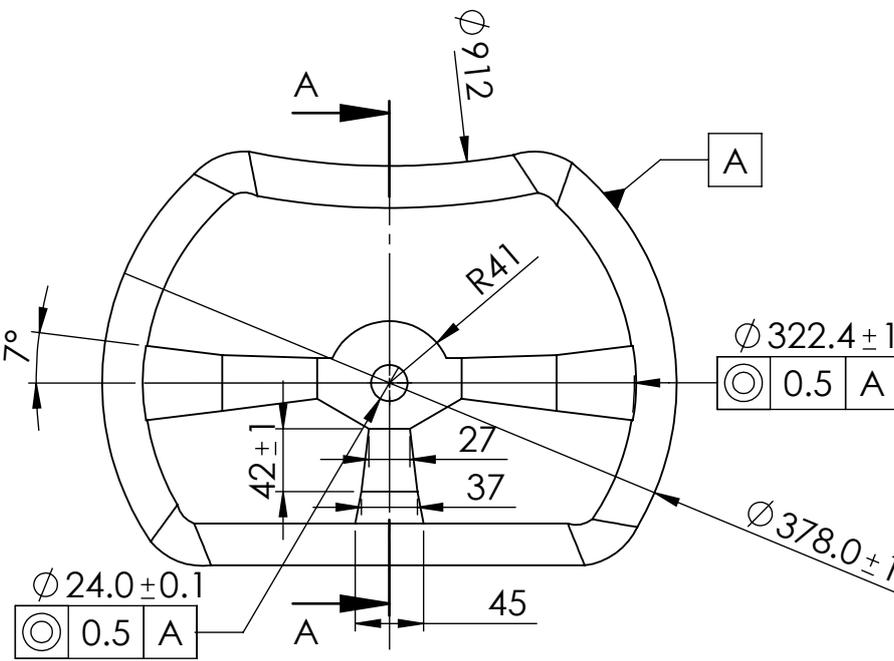
	NOMBRE
DIBUJ.	ALEJANDRO OCHOA ALCALÁ
VERIF.	NÉSTOR MONTAÑEZ MUÑOZ
APROB.	JUAN IVORRA MARTÍNEZ
FABR.	ALEJANDRO OCHOA ALCALÁ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

N.º DE DIBUJO
DISEÑO VOLANTE
SIN MODIFICACIONES

ESCALA:1:5	VOLUMEN: 956.2 cm3	A4	1/2
------------	--------------------	----	-----



$\sqrt{\text{Ra } 6.3}$

DETALLE B
ESCALA 2 : 5

NOMBRE		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	N.º DE DIBUJO		
DIBUJ.	ALEJANDRO OCHOA ALCALÁ		DISEÑO VOLANTE CON MODIFICACIONES		
VERIF.	NÉSTOR MONTAÑÉZ MUÑOZ		ESCALA:1:5	VOLUMEN: 834,6 cm3	
APROB.	JUAN IVORRA MARTÍNEZ		A4	2/2	
FABR.	ALEJANDRO OCHOA ALCALÁ				

4.2. REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA.

¿A que velocidad salta un airbag? (n.d.). <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/a-que-velocidad-salta-un-airbag/#:~:text=Las equivalencias marcadas para definir,o 28 kilómetros por hora>

¿Cómo imprimir en 3D con filamento ASA? La alternativa al ABS. (n.d.). <https://bitfab.io/es/blog/imprimir-filamento-asa/#:~:text=El filamento ASA es un,dentro de la impresión 3D.>

¿Cuánto cuesta tapizar el volante del coche? (n.d.). <https://www.motor.mapfre.es/accesorios/noticias-accesorios/tapizar-volante-coche-precio/>

¿Pensando en adquirir una cama caliente para tu impresora 3D? (n.d.). <https://elmundo3d.com/cama-caliente-impresoras-3d/>

1951 Cadillac Series 61 Sedan, Exeter Green, 331 V8, New Vinyl. (n.d.). <https://www.pinterest.es/pin/318770479865250025/>

Adler, D. (2008). *Mercedes- Benz* (J. Zuehlke (Ed.); LK Design,). MBI Publishing Company.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rZy7dN6lx0YC&oi=fnd&pg=PA10&dq=benz-motorwagen&ots=WFV_tCVX25&sig=xUwTHre-jNYMIEIKGribVhFhimA#v=onepage&q=benz-motorwagen&f=false

Aranda. (n.d.). https://www.recambiosaranda.es/funda-volante-polipiel-negro-coche-y-furgones_p1095394.htm

Ares, H. (2011). *¿Tiene que ser redondo el volante de un coche?*
<https://www.motorpasion.com/industria/tiene-que-ser-redondo-el-volante-de-un-coche>

Azuma, T. (2021). *Why are steering wheels circular? The mystery unsolved!*
<https://carfromjapan.com/article/car-maintenance/why-are-steering-wheels->

Apéndices

circular/

Bens Patent-Motorwagen (1886). (2020). <https://es.motor1.com/photo/4980816/benz-patent-motorwagen-1886/>

C., L. (2019). *El filamento de ABS en la impresión 3D*. <https://www.3dnatives.com/es/filamento-de-abs-impresion-3d-06062019/#!>

C.O.G. (2017). *Estos 15 coches han marcado la historia de la automoción*. <https://motor.elpais.com/actualidad/15-coches-historia-de-la-automocion/>

Cabrera, S. J. (n.d.). *Audi TT RS: las versiones de 400 CV estrenan diseño y novedades técnicas*. <https://www.motor.es/noticias/audi-tt-rs-2020-oficial-201954324.html>

Cano, V. (2020). *La historia del airbag, la bolsa que salva vidas*. <https://www.autobild.es/reportajes/historia-airbag-bolsa-que-salva-vidas-296491>

Coches Montables. (n.d.). <https://www.pinterest.cl/pin/713820609662188235/>

Cómo poner una funda para volante. (n.d.). Personal de WikiHow. [https://es.wikihow.com/poner-una-funda-para-volantes#:~:text=Mide el diámetro del volante,%2C5 pulgadas\) de diámetro.](https://es.wikihow.com/poner-una-funda-para-volantes#:~:text=Mide el diámetro del volante,%2C5 pulgadas) de diámetro.)

Costuras artesanales en el forro del volante de cuero. (n.d.). <https://www.pinterest.com.mx/pin/498773727462728055/>

El volante una historia no tan redonda. (n.d.). <https://www.alfonsofigares.com/blog/2016/05/el-volante-una-historia-no-tan-redonda>

Fermín, L. J. F. (2013). *Primer coche Marcus*. <http://tecnologiacoche.blogspot.com/2013/11/primer-coche-marcus.html>

Fidalgo, R. (2015). *Magnesio inoxidable para aligerar los coches*. <https://www.autocasion.com/actualidad/noticias/magnesio-inoxidable-para-aligerar-los-coches>

Apéndices

Ford Model T Roadster 1923. (n.d.). <https://noticias.coches.com/fotos-de-coches/ford-model-t-roadster-1923/65188>

Funcionamiento y elementos de los que se compone el sistema de dirección de un vehículo. (2017). <https://www.tuteorica.com/material-complementario/mecanica-del-vehiculo/sistema-de-direccion>

García Orozco, G. M. (n.d.). *Sistema de dirección mecánica.* <https://www.pruebaderuta.com/sistema-de-direccion-mecanica.php>

Guía de plásticos y otros materiales para impresión 3D. (n.d.). <https://formizable.com/guia-de-plasticos-y-otros-materiales-para-impresion-3d/>

Hernández, L. (n.d.). *La historia del volante en los automóviles.* <https://noticias.autocosmos.com.mx/2020/05/13/la-historia-del-volante-en-los-automoviles#:~:text=Con el objetivo de hacer,entre las ciudades francesa de>

Historia del autmóvil. (n.d.). <http://www.elalmanaque.com/motor/historia.htm>

How to make a Steering Wheel in SOLIDWORKS (Drift Steering Wheel). (2020). Solidworks Projects. <https://www.youtube.com/watch?v=nmhjb1DMIQw&t=887s>

Impresora 3D-FDM «LK1 Pro». (n.d.). <https://tresde.pe/producto/lk1/>

Impresoras 3D. (n.d.). <https://www.areatecnologia.com/informatica/impresoras-3d.html>

IPG Automotive. (n.d.). <https://ipg-automotive.com/>

Materiales de impresión 3D: Cuáles son los termoplásticos más usados. (2020). <https://sicnova3d.com/blog/materiales-de-impresion-3d-cuales-son-los-termoplasticos-mas-usados/>

Navarrete, J. (n.d.). *Diagnóstico del sistema de dirección.* <https://www.actualidadmotor.com/diagnostico-del-sistema-de-direccion/>

Neoattack, N. (2018). *¿Cuál es la diferencia entre piel y polipiel?*

Apéndices

<https://www.arteycuero.com/diferencia-entre-piel-y-polipiel/>

No Title. (n.d.-a). http://www.innocast.co.kr/kr/sub_02_02.html#

No Title. (n.d.-b). <https://www.actualidadmotor.com/modelos/mercedes-benz-clase-e-coupe-ficha/>

Paréntesis, R. (2019). *La tecnología de la F1 que llega a los autos de calle*. https://parentesis.com/noticias/movilidad/La_tecnologia_de_la_F1_que_llega_a_los_autos_de_calle

Postproceso de Impresión 3D: ¿Cómo lograr el acabado ideal? (2019). <https://tresde.pe/postproceso-de-impresion-3d-como-lograr-el-acabado-ideal/>

Sanchez Restrepo, S. (2020). *Guía completa: plásticos en la impresión 3D*. <https://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/>

Stark, B. (n.d.). *Evolución del Volante de dirección*. <https://www.timetoast.com/timelines/volantes-de-direccion>

Steering wheel testing. (n.d.). <https://www.dynamess.de/en/applications/automotive/steering-wheels>

Tellaetxe, J. (2013). *Conducir tumbado. Una exigencia en Fórmula 1*. <https://www.diariomotor.com/2013/04/06/conducir-tumbado-una-exigencia-en-formula-1/>

Tipos de materiales para tapizar un coche. (n.d.). <https://tapauto.es/materiales-para-tapizar-un-coche/>

Tixce, C. (2017). *Descubre la historia y la evolución del volante automotriz*. <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/historia-evolucion-volante-automotriz/>

Trapero, D. (2020). *Todo sobre el PETG en impresión 3D*. <https://bitfab.io/es/blog/petg-impresion-3d/>

Apéndices

TRONXY® X5SA-500PRO Impresora 3D de aluminio mejorada 500 * 500 * 600 mm Tamaño de impresión grande con extrusora Titan Modo ultra silencioso OSG Guía de doble eje. (n.d.). https://www.banggood.com/es/TRONXY-X5SA-500PRO-Upgraded-Aluminum-3D-Printer-500+500+600mm-Large-Printing-Size-With-Titan-Extruder-Ultra-Quiet-Mode-OSG-Dual-Axis-Guide-p-1612688.html?utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc_organic&gmcCountry=ES&utm_conten

Tronxy X5SA-500 PRO Impresora 3D FDM Ultra Silencioso - Negro Enchufe UK. (n.d.). https://es.gearbest.com/3d-printers--3d-printer-kits/pp_009644741946.html

Veríssimo, J. C. (2005). *Magnesio en el automóvil*. <https://www.km77.com/tecnica/materiales/magnesio/t02.asp#:~:text=Las aleaciones de magnesio más,propiedades mecánicas que se deseen>

Vie, L. R. el. (2015). *Los secretos detrás de un volante de Fórmula 1*. <https://www.atraccion360.com/caracteristicas-de-los-volantes-de-formula-1>

Volante: Fabricación y gamas de concentrol. (2020). <https://concentrol.com/es/volantes-fabricacion-y-gamas-concentrol/>

Volante Ferrari F1 Add-On. (n.d.). <https://simtechpro.com/tienda/volantes/volante-ferrari-f1-add-on/>