

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
**ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

**CAMPUS D'ALCOI**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**“Diseño, estudio y validación técnica del sistema de anclaje de un  
espejo retrovisor de un vehículo con el empleo de materiales  
poliméricos”**

**Autor:**

D. Juan Manuel Gómez Sánchez

**Dirigido por:**

Dr. Rafael Antonio Balart Gimeno

Juan Ivorra Martínez

**Febrero 2021**



# **RESUMEN**

**“Diseño, estudio y validación técnica del sistema de anclaje de un espejo retrovisor de un vehículo con el empleo de materiales poliméricos”**

El objeto de este trabajo final de grado es el estudio técnico de diferentes formas de anclajes para espejos retrovisores, y, el conseguir un nuevo producto con unas prestaciones superiores a las de los productos que actualmente se encuentran en el mercado.

El primer paso es establecer las propiedades mecánicas y geométricas de las piezas que se quiere diseñar, teniendo en cuenta criterios como durabilidad, resistencia, ligereza o coste, entre otros.

Una vez seleccionados los materiales y llevado a cabo los diseños de las piezas, se realiza una simulación mediante el método de elementos finitos y otra simulación aerodinámica para conocer su comportamiento frente al flujo del aire, con el fin de elegir cuál es el que mejor responde ante las diferentes situaciones planteadas.

Por último, y teniendo en cuenta el proceso de fabricación utilizado, se elabora un estudio económico de la pieza considerada como óptima para, así, evaluar la viabilidad de la misma.



# **SUMMARY**

**“Design, study and technical validation of an anchorage system of a rear-view mirror of a vehicle by using polymeric materials”**

The aim of this final degree project is the technical study of several rear-view mirrors in order to get a new product with better characteristics than those currently are on the market.

First, it is needed to establish the mechanical and geometric properties of the pieces required for the design, considering some aspects such as durability, resistance, lightness or cost, among others.

Once the materials have been selected and the designs of the pieces have been carried out, a simulation is implemented by using the finite element method to choose which one best responds to different situations that have been posed.

Finally, and bearing in mind the manufacturing process used, an economic study of the optimal piece is developed to evaluate its viability.



# **RESUM**

**“Disseny, estudi i validació tècnica del sistema d'ancoratge d'un espill retrovisor d'un vehicle amb la utilització de materials polimèrics”**

L'objecte d'aquest treball final de grau és l'estudi tècnic de diferents formes d'ancoratges per a espills retrovisors i aconseguir un nou producte amb prestacions superiors a les dels que actualment es troben al mercat.

El primer pas és establir les propietats mecàniques i geomètriques de les peces que es vol dissenyar, considerant criteris com durabilitat, resistència, lleugeresa o cost, entre d'altres.

Un cop seleccionats els materials i dut a terme els dissenys de les peces, es realitza una simulació mitjançant el mètode d'elements finits per tal d'escollir quin és el que millor respon davant les diferents situacions plantejades.

Finalment, i tenint en compte el procés de fabricació utilitzat, s'elabora un estudi econòmic de la peça considerada com òptima per, així, avaluar la viabilitat de la mateixa.



# Tabla de Contenidos

|   |           |
|---|-----------|
| RESUMEN .....   | 3         |
| SUMMARY.....  | 5         |
| RESUM.....  | 7         |
| ABREVIATURAS.....   | 11        |
| LISTADO DE FIGURAS .....  | 14        |
| LISTADO DE TABLAS.....  | 24        |
| <b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>27</b> |
| I.1. ANTECEDENTES.....  | 29        |
| <b>II. OBJETIVOS .....</b>  | <b>38</b> |
| II.1. OBJETIVO GENERAL.....   | 40        |
| II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....   | 40        |
| <b>III. DESARROLLO PROYECTO.....</b>                                      | <b>43</b> |
| III.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS.....                                     | 45        |
| III.1. Diseño CAD espejo retrovisor.....                                  | 45        |
| III.1.1. Diseño retrovisor A.....   | 45        |
| III.1.2. Diseño retrovisor B.....   | 47        |
| III.2. Estudio y análisis CAE de espejo retrovisor.....                   | 50        |
| III.2.1. Definición de componentes y selección de materiales.....         | 50        |
| III.2.2. Estudio y análisis FEM de retrovisor con distintos anclajes..... | 60        |
| III.2.2.1. Sujeciones y anclajes.....                                     | 60        |
| III.2.2.2. Hipótesis de carga.....  | 62        |
| III.2.2.2.1. Hipótesis de carga aerodinámica.....                         | 62        |

|   |     |
|---|-----|
| III.2.2.2.2. Hipótesis de carga estática. ....                                    | 72  |
| III.2.2.3. Mallado/discretización del modelo.....                                 | 74  |
| III.2.2.4. Ejecución de simulaciones, análisis y síntesis de resultados. ....     | 78  |
| III.2.2.4.1. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga aerodinámica.... | 78  |
| III.2.2.4.2. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga estática. ....   | 87  |
| III.3. Estudio de fabricación. ....   | 102 |
| III.4. Pre-Estudio de costes. ....  | 110 |
| III.5. Conclusiones. ....   | 115 |

## **IV. APÉNDICES.....122**

|  |     |
|--|-----|
| Apéndice IV.1. Referencias. ....   | 124 |
| Apéndice IV.2. Construcción detallada del espejo retrovisor con diferentes sistemas de anclajes mediante SolidWorks..... | 126 |
| Diseño retrovisor A. ....  | 126 |
| Diseño retrovisor B.....   | 137 |
| Apéndice IV.3. Informes de simulación de cargas aerodinámicas y de cargas puntuales en ambos sistemas de anclaje.....    | 150 |
| Informe de simulación carga aerodinámica retrovisor A. ....  | 151 |
| Informe de simulación carga aerodinámica retrovisor B. ....  | 164 |
| Informes de simulación cargas puntuales retrovisor A. ....   | 174 |
| Informes de simulación cargas puntuales retrovisor B. ....   | 214 |
| Apéndice IV.4. Planos acotados.....  | 254 |

# ABREVIATURAS

|                 |  |
|-----------------|--|
| 2D              | Dos Dimensiones.                             |
| 3D              | Tres Dimensiones.                            |
| ABS             | Acrilonitrilo Butadieno Estireno             |
| CAD             | Diseño Asistido por Ordenador.               |
| CAE             | Ingeniería Asistida por Ordenador.           |
| CD              | Disco Compacto.                              |
| CO <sub>2</sub> | Dióxido de Carbono.                          |
| F1              | Fórmula uno.                                 |
| GPa             | Gigapascales.                                |
| h               | Horas.                                       |
| HV              | Dureza Vickers.                              |
| ISO             | Organización Internacional de Normalización. |
| kg              | Kilogramos.                                  |
| km              | Kilómetros.                                  |
| m <sup>3</sup>  | Metros cúbicos.                              |
| MJ              | Megajulios.                                  |
| mm              | Milímetros.                                  |
| MPa             | Megapascales.                                |
| N               | Newtons.                                     |
| °C              | Grados centígrados.                          |

|      |  |
|------|--|
| OCOO | Carbonato.                               |
| PA   | Poliamida.                               |
| PC   | Policarbonato.                           |
| PEEK | Poliéter éter cetona.                    |
| POM  | Polióxido de metileno o Resina acetálica |
| PTFE | Politetrafluoroetileno.                  |
| PVC  | Policloruro de vinilo.                   |



# LISTADO DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura I. 1. Marmon Wasp, vehículo diseñado por Howard C. Marmon y Ray Harroun para la carrera de las 500 Millas de Indianápolis en 1911 ..... | 30 |
| Figura I. 2. Retrovisor con dos anclajes instalado en un Porsche 911 que participo en las 24 h de lemans de 2014 .....                         | 35 |
| Figura I. 3. Retrovisor con un anclaje instalado en el nuevo Corvette C8.R que participara en las 24 h de lemans de 2019 .....                 | 36 |
| Figura I. 4. Retrovisor con anclaje en onda instalado en un Aston Martin que participa en las 24 h de lemans. ....                             | 36 |
| Figura III. 1. Vista general del dineño con un anclaje del “Retrovisor A” .....  | 47 |
| Figura III. 2. Vista general del dineño con dos anclajes del “Retrovisor B” .....  | 49 |
| Figura III. 3. Medias del tornillo de métrica 4 para el anclaje de retrovisor.....   | 60 |
| Figura III. 4. Puntos de anclaje de la unión atornillada a la carrocería del vehículo para el “Retrovisor A” .....                             | 61 |
| Figura III. 5. Puntos de anclaje de la unión atornillada a la carrocería del vehículo para el “Retrovisor B” .....                             | 62 |
| Figura III. 6. Pestaña “Wizard” para inicio de un nuevo proyecto. ....   | 63 |
| Figura III. 7. En esta pestaña se pondrá el monbre del proyecto.....   | 64 |
| Figura III. 8. Pestaña para seleccionar el sistema métrico más acorde al supuesto del presente trabajo. ....                                   | 64 |
| Figura III. 9. Selección del tipo de flujo y dirección del fluido. ....  | 65 |
| Figura III. 10. Tabla con los distintos tipos de fluidos a seleccionar. ....   | 65 |
| Figura III. 11. Tabla para definición de condiciones termodinámicas y de velocidad de fluidos. ....  | 66 |
| Figura III. 12. Imagen del área de cálculo para la simulación aerodinámica. ....   | 67 |
| Figura III. 13. Selección de caras objeto de estudio dentro de la opción Surface Plot.....   | 67 |

|  |    |
|--|----|
| Figura III. 14. Proceso de cálculo del proyecto. ....  | 68 |
| Figura III. 15. Resultado de la presión tras la simulación en el anclaje del retrovisor A.<br>.....                  | 68 |
| Figura III. 16. Resultado de la presión en el anclaje del retrovisor A.....  | 69 |
| Figura III. 17. Selección de caras objeto de estudio dentro de la opción Flow<br>Trajectories. ....                  | 69 |
| Figura III. 18. Trayectorias y líneas de presión del fluido a través del contorno del<br>Retrovisor A.....           | 70 |
| Figura III. 19. Resultado de la presión tras la simulación en el anclaje del retrovisor B.<br>.....                  | 70 |
| Figura III. 20. Presión retrovisor A.....  | 71 |
| Figura III. 21. Presión retrovisor B. ....   | 71 |
| Figura III. 22. Imagen de desplegables y pasos a seguir para exportar resultados de<br>simulación aerodinámica. .... | 71 |
| Figura III. 23. Carga de 40N en la parte superior del retrovisor A.....  | 72 |
| Figura III. 24. Carga de 40N en la parte inferior del retrovisor A.....  | 73 |
| Figura III. 25. Carga de 40N en la parte posterior del retrovisor A.....   | 73 |
| Figura III. 26. Carga de 40N en el borde de la parte frontal del retrovisor A. ....                                  | 74 |
| Figura III. 27. Función malla dentro del árbol tras iniciar una nueva simulación. ....                               | 75 |
| Figura III. 28. Características de la malla y dimensiones de los triángulos de mallado<br>del retrovisor A.....      | 75 |
| Figura III. 29. Características de la malla del retrovisor A tras ejecutar el cálculo. ....                          | 76 |
| Figura III. 30. Imagen de la malla en el retrovisor A tras ejecutar el cálculo. ....                                 | 76 |
| Figura III. 31. Características de la malla del retrovisor B tras ejecutar el cálculo. ....                          | 77 |
| Figura III. 32. Imagen de la malla en el retrovisor B tras ejecutar el cálculo. ....                                 | 77 |
| Figura III. 33. Aplicación de material ABS al anclaje de retrovisor A.....   | 79 |
| Figura III. 34. Configuración para la sujeción anclaje del retrovisor A. ....  | 80 |

|   |    |
|---|----|
| Figura III. 35. Imagen que muestra la opción para añadir la carga de la presión del flujo del viento para el anclaje del retrovisor A.....                              | 81 |
| Figura III. 36. Pestaña para incluir resultados de los efectos del flujo del viento exportados de la herramienta Flow Simulation para el anclaje del retrovisor A. .... | 81 |
| Figura III. 37. Verificación de la carga de los datos de presión exportada desde Flow Simulation para el anclaje del retrovisor A.....                                  | 82 |
| Figura III. 38. Vista frontal del anclaje del retrovisor A junto con la escala de tensión soportada por el mismo.....   | 83 |
| Figura III. 39. Vista posterior del anclaje del retrovisor A junto con la escala de tensión soportada por el mismo.....   | 83 |
| Figura III. 40. Vista frontal del anclaje del retrovisor A junto con la escala de deformación producida en el mismo.....  | 84 |
| Figura III. 41. Vista posterior del anclaje del retrovisor A junto con la escala de deformación producida en el mismo.....  | 84 |
| Figura III. 42. Vista frontal del anclaje del retrovisor B junto con la escala de tensión soportada por el mismo.....   | 85 |
| Figura III. 43. Vista posterior del anclaje del retrovisor B junto con la escala de tensión soportada por el mismo.....   | 85 |
| Figura III. 44. Vista frontal del anclaje del retrovisor B junto con la escala de deformación producida en el mismo.....  | 86 |
| Figura III. 45. Vista posterior del anclaje del retrovisor B junto con la escala de deformación producida en el mismo.....  | 86 |
| Figura III. 46. Pestaña de carga de fuerza para introducir la carga de 40N. ....  | 89 |
| Figura III. 47. Pestaña de introducción de carga y superficie para realizar la simulación.....  | 89 |
| Figura III. 48. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.....                        | 90 |
| Figura III. 49. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.....                      | 90 |

|  |    |
|--|----|
| Figura III. 50. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.....     | 90 |
| Figura III. 51. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior. ....  | 90 |
| Figura III. 52. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.....         | 91 |
| Figura III. 53. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior. ....      | 91 |
| Figura III. 54. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior. ....    | 91 |
| Figura III. 55. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior. ....  | 91 |
| Figura III. 56. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. ....       | 92 |
| Figura III. 57. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. ....     | 92 |
| Figura III. 58. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. ....   | 92 |
| Figura III. 59. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. .... | 92 |
| Figura III. 60. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal. ....         | 93 |
| Figura III. 61. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.....        | 93 |
| Figura III. 62. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.....      | 93 |
| Figura III. 63. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal. ....   | 93 |
| Figura III. 64. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte superior. ....        | 94 |

|  |    |
|--|----|
| Figura III. 65. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.....       | 94 |
| Figura III. 66. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte superior. ....    | 95 |
| Figura III. 67. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte superior. ....  | 95 |
| Figura III. 68. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.....         | 95 |
| Figura III. 69. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior. ....      | 95 |
| Figura III. 70. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.....     | 96 |
| Figura III. 71. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.....   | 96 |
| Figura III. 72. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. ....       | 96 |
| Figura III. 73. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. ....     | 96 |
| Figura III. 74. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. ....   | 97 |
| Figura III. 75. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior. .... | 97 |
| Figura III. 76. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal. ....         | 97 |
| Figura III. 77. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.....        | 97 |
| Figura III. 78. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal. ....     | 98 |
| Figura III. 79. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal. ....   | 98 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura III. 80. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior. ....       | 100 |
| Figura III. 81. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior. ....     | 100 |
| Figura III. 82. Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior. ....   | 101 |
| Figura III. 83. Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior. .... | 101 |
| Figura III. 84. Imagen de los elementos principales que componen una impresora 3D. ....  | 103 |
| Figura III. 85. Impresión en 3D del anclaje del retrovisor A en PLA. ....  | 104 |
| Figura III. 86. Imagen frontal del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor A en PLA donde se puede ver el material de sacrificio. ....        | 104 |
| Figura III. 87. Imagen posterior del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor A en PLA. ....   | 104 |
| Figura III. 88. Imagen frontal del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor B en PLA. ....   | 104 |
| Figura III. 89. Imagen posterior del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor B en PLA. ....   | 104 |
| Figura III. 90. Imagen de los elementos principales que componen el sistema y maquinaria del proceso de inyección de termoplásticos. ....                | 106 |
| Figura III. 91. Diagrama genérico de los pasos para el proceso de inyección de termoplásticos. ....  | 110 |
| Figura III. 92. Página de inicio del programa CES EduPack. ....  | 111 |
| Figura III. 93. Pestaña de herramientas de Synthesizer. ....   | 111 |
| Figura III. 94. Pestaña de la herramienta part cost estimator. ....  | 112 |
| Figura III. 95. Apartados a cumplimentar en la herramienta part cost estimator. ....   | 113 |
| Figura III. 96. Informe generado por la herramienta part cost estimator. ....  | 114 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura IV. 1. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción de la base del retrovisor. ....   | 126 |
| Figura IV. 2. Vista de la base del retrovisor después de aplicar una función de extrusión de 50 mm en la dirección -z. ....   | 127 |
| Figura IV. 3. Borde para aplicar chaflanes en las cuatro caras de la base. ....   | 127 |
| Figura IV. 4. Primer chaflán en el plano del anclaje. ....  | 128 |
| Figura IV. 5. Segundo chaflán en el plano opuesto al anclaje. ....  | 128 |
| Figura IV. 6. Tercer chaflán en la base del retrovisor. ....  | 129 |
| Figura IV. 7. Cuarto chaflán en el plano opuesto a la base del retrovisor. ....   | 129 |
| Figura IV. 8. Vista trasera retrovisor tras aplicar chaflanes. ....   | 130 |
| Figura IV. 9. Redondeo parte trasera. ....  | 130 |
| Figura IV. 10. Aplicación de la función de vaciado en la carcasa del retrovisor para obtener un espesor de pared de 4mm. ....   | 131 |
| Figura IV. 11. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción del anclaje del retrovisor A. ....   | 131 |
| Figura IV. 12. Vista del anclaje del retrovisor A después de aplicar una función de extrusión de 35 mm en la dirección z y en el eje -z hasta cortar con el plano de la base del retrovisor. .... | 132 |
| Figura IV. 13. Chaflán en la parte superior del anclaje. ....   | 132 |
| Figura IV. 14. Redondeo de la parte trasera del anclaje. ....   | 133 |
| Figura IV. 15. Redondeo de la superficie de contacto retrovisor-anclaje. ....   | 133 |
| Figura IV. 16. Redondeo de 2 mm en el borde interior de la cara frontal del retrovisor. ....  | 134 |
| Figura IV. 17. Redondeo de 2 mm en el borde exterior de la cara frontal del retrovisor. ....  | 134 |
| Figura IV. 18. Definición general de las dimensiones de forma para la función de vaciado para alojar cables o mecanismos. ....  | 135 |
| Figura IV. 19. Aplicación de la función de vaciado de 61 mm. ....   | 135 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura IV. 20. Disposición geométrica de los tornillos de anclaje. ....  | 136 |
| Figura IV. 21. Aplicación de la función taladro roscado de métrica 4 mm por 15 mm de profundidad. ....   | 136 |
| Figura IV. 22. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción de la base del retrovisor. ....   | 137 |
| Figura IV. 23. Vista de la base del retrovisor después de aplicar una función de extrusión de 50 mm en la dirección -z. ....   | 137 |
| Figura IV. 24. Borde para aplicar chaflanes en las cuatro caras de la base. ....   | 138 |
| Figura IV. 25. Primer chaflán en el plano del anclaje. ....  | 138 |
| Figura IV. 26. Segundo chaflán en el plano opuesto al anclaje. ....  | 139 |
| Figura IV. 27. Tercer chaflán en la base del retrovisor. ....  | 139 |
| Figura IV. 28. Cuarto chaflán en el plano opuesto a la base del retrovisor. ....   | 140 |
| Figura IV. 29. Vista trasera retrovisor tras aplicar chaflanes. ....   | 140 |
| Figura IV. 30. Redondeo parte trasera. ....  | 141 |
| Figura IV. 31. Aplicación de la función de vaciado en la carcasa del retrovisor para obtener un espesor de pared de 4mm. ....  | 141 |
| Figura IV. 32. Redondeo de 2 mm en el borde interior de la cara frontal del retrovisor. ....   | 142 |
| Figura IV. 33. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción del anclaje inferior del retrovisor B. ....   | 142 |
| Figura IV. 34. Vista del anclaje inferior del retrovisor B después de aplicar una función de extrusión de 35 mm en la dirección z y en el eje -z hasta cortar con el plano de la base del retrovisor. .... | 143 |
| Figura IV. 35. Chaflán en la parte superior del anclaje inferior de 10° y 62.87 mm de longitud. ....   | 143 |
| Figura IV. 36. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción del anclaje superior del retrovisor B. ....   | 144 |
| Figura IV. 37. Vista del anclaje superior del retrovisor B después de aplicar una función de extrusión de 77.68 mm en la dirección z. ....   | 144 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura IV. 38. Chaflán en la parte inferior del anclaje superior de 20° y 20 mm de longitud. ....   | 145 |
| Figura IV. 39. Redondeo de la parte trasera de los anclajes. ....   | 145 |
| Figura IV. 40. Redondeo de las superficies de contacto retrovisor-anclajes.....   | 146 |
| Figura IV. 41. Redondeo de 2 mm en el borde exterior de la cara frontal del retrovisor. ....  | 146 |
| Figura IV. 42. Definición de las dimensiones de forma para la función de vaciado en el anclaje inferior para alojar cables o mecanismos.....  | 147 |
| Figura IV. 43. Aplicación de la función de vaciado de 58 mm.....  | 147 |
| Figura IV. 44. Definición de las dimensiones de forma para la función de vaciado en el anclaje superior para alojar cables o mecanismos. .... | 148 |
| Figura IV. 45. Aplicación de la función de vaciado de 79 mm.....  | 148 |
| Figura IV. 46. Disposición geométrica de los tornillos de los anclajes.....   | 149 |
| Figura IV. 47. Aplicación de la función taladro roscado de métrica 4 mm por 14.30 mm de profundidad en ambos anclajes.....                    | 149 |



# LISTADO DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla III. 1. Tabla de propiedades PEEK.....   | 51  |
| Tabla III. 2. Tabla de propiedades PC.....   | 52  |
| Tabla III. 3. Tabla de propiedades ABS.....  | 54  |
| Tabla III. 4. Tabla de propiedades PVC.....  | 55  |
| Tabla III. 5. Tabla comparativa de materiales objeto de estudio. ....  | 57  |
| Tabla III. 6. Tabla multicriterio de materiales objeto de estudio. ....  | 59  |
| Tabla III. 7. Tabla comparativa de tensión y deformación máxima bajo cargas aerodinámicas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.....                       | 87  |
| Tabla III. 8. Tabla comparativa de la mejora porcentual de tensión y deformación máxima bajo cargas aerodinámicas del anclaje B con respecto al anclaje A. ....            | 87  |
| Tabla III. 9. Tabla de resultados de tensión y deformación tras la simulación de cargas estáticas en el anclaje del retrovisor A. ....                                     | 94  |
| Tabla III. 10. Tabla de resultados de tensión y deformación tras la simulación de cargas estáticas en el anclaje del retrovisor B.....                                     | 98  |
| Tabla III. 11. Tabla comparativa de tensión bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.....   | 98  |
| Tabla III. 12. Tabla comparativa de deformación bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.....   | 99  |
| Tabla III. 13. Tabla comparativa de la mejora porcentual de tensión y deformación máxima bajo cargas estáticas del anclaje B con respecto al anclaje A.....                | 99  |
| Tabla III. 14. Tabla de resultados de tensión y deformación tras la simulación de una carga estática de 40N y 80N en el anclaje del retrovisor A y B respectivamente. .... | 102 |
| Tabla III. 15. Especificaciones y costes generales sacados del informe de la herramienta part cost estimator.....  | 114 |
| Tabla III. 16. Costes estimados generados en la herramienta part cost estimator para la fabricación del anclaje de retrovisor B.....                                       | 115 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla III. 17. Gráfico comparativo de tensión y deformación máximas bajo cargas aerodinámicas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.....  | 116 |
| Tabla III. 18. Gráfico comparativo de tensiones máximas bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.....  | 117 |
| Tabla III. 19. Gráfico comparativo de deformaciones máximas bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.....  | 117 |
| Tabla III. 20. Gráfico comparativo de tensión y deformación máxima bajo una carga estática superior de 40 N para el anclaje A y de 80 N para el anclaje B.....  | 119 |
| Tabla III. 21. Gráfico comparativo de tensiones máximas bajo una carga estática superior para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor y definición del valor máximo del límite elástico del ABS..... | 120 |



# **I. INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**



# **I. Introducción**

---

## **I.1. ANTECEDENTES.**

En el presente apartado se va a realizar una breve reseña sobre el origen y la evolución de los espejos retrovisores hasta la actualidad, así como, una breve visión de los anclajes y retrovisores fijos, empleados actualmente en competición, ya que, precisamente, estos son objeto de estudio, análisis y desarrollo del proyecto.

El inicio del Siglo XX puede señalarse, sin demasiadas matizaciones, como el gran portal de la modernidad. La evolución del conocimiento científico, tecnológico e histórico alcanza cotas inéditas hasta el momento, y no hará sino incrementar su velocidad de forma constante en todos los ámbitos, al igual que ocurría con los vehículos automotrices. Desde que Karl Benz, en 1885 patentase su modelo Benz Patent-Motorwagen, la tecnología automovilística atrajo la atención del mundo entero, que se manifestaba en el furor que las competiciones de vehículos causaban en la sociedad.

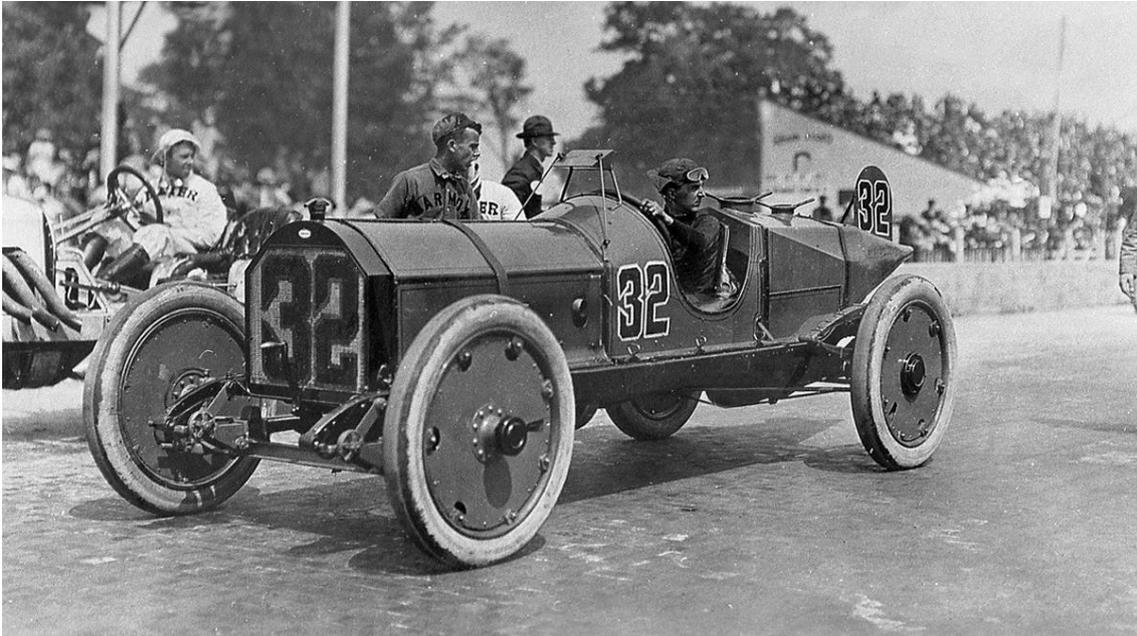
Precisamente es en la primera edición de una de estas pruebas, Las 500 Millas de Indianápolis, en 1911, cuando el mundo vio nacer el primer espejo retrovisor, de manos de Howard C. Marmon y Ray Harroun. El primero era un fabricante de automóviles que quería participar en la prueba; y el segundo, un joven piloto al que pidió ayuda con el diseño y desarrollo del Marmon Wasp, el vehículo con el que compitió en la carrera bajo el dorsal 32 [1].

Lo habitual en aquellos tiempos era que los vehículos de carreras tuviesen dos asientos, uno para el piloto y otro para su mecánico, que, además de asegurar el correcto funcionamiento del vehículo, fungía como “retrovisor humano” durante la competición, encargándose de transmitir al conductor las posiciones de los rivales. Sin embargo, el diseño del Marmon Wasp era muy estrecho, y solo había lugar para el piloto. Así las cosas, la pareja de diseñadores instaló unos soportes sobre los que se asentaba un pequeño espejo, que podemos apreciar en la Figura I.1., cuyo campo de visión era muy similar al que hoy ofrecen los retrovisores centrales interiores. A título anecdótico, debe reseñarse la sorpresa general de la parrilla ante aquel monoplaza con

# I. Introducción

---

tan extraño artefacto, que se vio acrecentada por la victoria del bólido amarillo con su dorsal 32. Los retrovisores iniciaban su andadura.



**Figura I. 1.** Marmon Wasp, vehículo diseñado por Howard C. Marmon y Ray Harroun para la carrera de las 500 Millas de Indianápolis en 1911 [1].

La propia realidad del momento hizo que los espejos retrovisores no se implantasen de forma inmediata, sino que se ofrecían como un añadido opcional de lujo; y, dado que las calles eran en su mayoría de un solo carril, solo se utilizaba un espejo central. Fue en la década de los 60 cuando el retrovisor se convirtió en parte habitual del equipamiento de los vehículos. Generalmente de forma rectangular, y redondeados en los modelos deportivos, tenían una articulación de rótula con la que se podía ajustar la posición deseada. Sin embargo, la conexión al marco o a la puerta era rígida o parcialmente móvil, lo que, en caso de choque contra cualquier obstáculo, implicaba un importante daño a la puerta de tal forma que se tenía que desabollar y barnizar nuevamente.

Los siguientes años fueron un período de transición e introducción de componentes plásticos, cuyo uso se consolidó en la última década del siglo XX, durante la que -afianzados los nuevos materiales-, comenzó un período de evolución de los diseños hacia superficies más grandes y volúmenes más redondeados que han derivado en formas más aerodinámicas.

# I. Introducción

---

Como curiosidad, en la década de los noventa, los fabricantes alemanes tenían tendencia a instalar retrovisores más pequeños en el lado derecho. La explicación de esta decisión se encuentra en el trazado urbano de las ciudades Europeas, muchos de ellos originarios de la Edad Media, que presentan calles estrechas. Los fabricantes pensaron que reduciendo el tamaño de estos retrovisores, reducirían la posibilidad de que peatones o ciclistas chocasen con el espejo mientras el vehículo estaba estacionado.

Esta curiosa reflexión ofrece la posibilidad de analizar otras funciones de los espejos retrovisores, porque desde su incorporación habitual a los vehículos, se ha convertido en un elemento de confort, seguridad y versatilidad en la conducción. Huelga señalar el principal objeto de este elemento, que no es otro que permitir al conductor ver tanto el estado del tráfico a su alrededor, como cualquier elemento existente alrededor del vehículo, permitiendo una conducción segura, evitando accidentes y choques tanto en movimiento como durante las maniobras de estacionamiento o cualesquiera otras.

Actualmente, los espejos retrovisores están montados, de serie, en una carcasa, habitualmente de plástico resistente, unida directamente al marco de la ventana. En caso de colisión se abate eficazmente o se parte en el peor de los casos, sin dañar la puerta. Desde hace unos años, aprovechando la evolución de la tecnología, muchos diseños incorporan en las carcasas sendos intermitentes laterales extra, ampliando la función de seguridad de estos espejos; como extra, algunos fabricantes ofrecen la función de plegado automático de los retrovisores exteriores, confirmando el acierto de aquella decisión de los fabricantes alemanes en los años noventa [9].

Si algo hay que permitan el diseño y la tecnología, es solucionar los fallos o problemas que presente la realidad de cada momento. Y, naturalmente, se aplica a los espejos retrovisores, que plantean tres grandes problemas: Los deslumbramientos, los ángulos muertos y la condensación o empañamiento.

Este último problema de la condensación, se solucionó con la incorporación de una resistencia eléctrica tras el espejo, que se calienta y evita la acumulación de gotas de agua o empañamientos en la superficie reflectante. Los denominados retrovisores

# I. Introducción

---

calefactables ya son muy habituales en los nuevos modelos, ayudando a la conducción bajo condiciones climáticas adversas.

Por su parte, los ángulos muertos son el principal problema de los retrovisores. A modo de definición puede predicarse de ellos el ser zonas situadas inmediatamente detrás del vehículo y que los espejos retrovisores no pueden, por el ángulo de sus cristales, mostrar al conductor.

La peligrosidad derivada de este efecto es incuestionable, por lo que se han ido desarrollando algunas soluciones. Entre ellas cabe destacar la predominante en Europeas, pero prohibida en Estados Unidos: espejos curvados. Si bien es cierto que hacen “aparecer” los ángulos muertos, también es cierto que provocan distorsiones en la forma de los objetos reflejados y su distancia respecto al observador. De hecho, en muchos de estos retrovisores aparece sobreimpreso el mensaje “Objects in mirror are closer than they appear”, cuya traducción es “Los objetos reflejados en el espejo están más cerca de lo que aparentan”

Por otro lado, los vehículos más grandes, como autobuses y camiones, que ven agravado este problema precisamente por su tamaño, suelen recurrir a la ubicación de un segundo espejo con un ángulo diferente enfocando a ese punto concreto.

En último lugar cabe reseñar la aparición de otros sistemas de seguridad que, si bien son más avanzados, solo se encuentran en vehículos de gama alta. Son los llamados Sistemas de Detección y Aviso de Ángulo Muerto, que son capaces de percibir la presencia de vehículos en el espacio ciego del espejo, y avisar al conductor de su presencia. Muchos de estos sistemas entran en funcionamiento al accionar los intermitentes para efectuar alguna maniobra que pudiera suponer un riesgo para el vehículo y sus ocupantes.

Respecto a la problemática generada por los deslumbramientos, la primera solución que la industria ofreció a los conductores fue el espejo llamado antideslumbrante, o de doble posición. Sin más misterio que un pequeño resorte mecánico que, al accionarlo, altera ligeramente la inclinación del cristal evitando la

# I. Introducción

---

incidencia de la luz, presenta el inconveniente de tener que ser accionado por el propio conductor, y una considerable reducción de la visibilidad en el “modo noche”.

La evolución electrónica ha permitido la aparición de espejos retrovisores de oscurecimiento automático, que, a diferencia del anterior, no sólo se puede aplicar al retrovisor interior, sino también a los laterales.

El principio básico de funcionamiento es sencillo: el espejo convencional se sustituye por un vidrio electrónico multicapa, cuya transparencia se reduce al aplicársele cierta corriente eléctrica (de ahí el nombre). Al hilo de este efecto electrocromático, debe recordarse que no es el mismo efecto fotocromático que el de los cristales de gafas que se oscurecen al aumentar la luminosidad, porque en el caso de los retrovisores se requiere corriente eléctrica para lograr el oscurecimiento.

El circuito de funcionamiento estaría compuesto por dos sensores de luz, los cables para recibir la corriente eléctrica, y un microprocesador. El primer sensor se ubica en la parte trasera del espejo, mirando en la dirección de la conducción, para poder captar el grado de luminosidad ambiental. El segundo, en la parte delantera del espejo y en sentido inverso a la conducción, para captar los posibles aumentos de luz que puedan ocurrir.

La estructura es multicapa. La capa exterior, la que puede tocarse, es de vidrio. Inmediatamente detrás, una capa conductora de la electricidad y, tras ella, tres capas más en las que tiene lugar la reacción electroquímica. Una de estas tres capas es de un material electrocromático, normalmente viológeno, otra de material capaz de almacenar iones, que actúa como contraelectrodo, y la tercera es de un material conductor de iones, a veces una disolución electrolítica. Tras ellas se encuentra la capa de metal reflexiva.

En apenas seis segundos, desde que el sensor capta un aumento de la luminosidad que pueda incomodar la conducción, el espejo se oscurece en un tono azul, dependiendo de la intensidad de la luz identificada por el microprocesador. A mayor intensidad, mayor oscurecimiento. Mientras que la reversión de este efecto requiere unos diez segundos y un proceso inverso. La tensión de funcionamiento es

# I. Introducción

---

asimilable a la de una pila de entre uno y tres Voltios, con un consumo de energía casi despreciable.

Frente a los de accionamiento manual, estos espejos presentan la ventaja de que no requieren ninguna actuación por parte del conductor, y su actualización constante a lo largo del trayecto, ofreciendo superiores niveles de confort y seguridad.

Caso aparte, dado que la legislación aún no lo contempla, pero que reseñamos por su evidente interés, es la solución que propone Lexus, una de las marcas más reconocidas del mercado actualmente. Esta casa ha desarrollado un sistema de videocámaras y pantallas que sustituye plenamente a los espejos tradicionales. Este sistema, denominado "Digital Outer Mirrors" presenta un diseño de vanguardia que, en palabras de la empresa, contribuirá a mejorar la aerodinámica del coche, evitará la acumulación de nieve y agua en épocas de invierno y contribuirá a mejorar la visión del conductor aumentando la cantidad de ángulos posibles, lo que le permitirá realizar las maniobras necesarias con mayor seguridad.

Las cámaras, que están situadas en los laterales, envían la información o imágenes captadas a sendas pantallas digitales de 5 pulgadas, ubicadas sobre el salpicadero del coche, una a cada lado. Por descontado, las ventajas que ofrece este tipo de tecnología son muchas, sin embargo, las leyes y normas con respecto a esta herramienta no permiten su implantación en la mayoría de países, ya que en este momento la normativa aplicable exige un mínimo de dos espejos, el izquierdo y el interior. Sin embargo, cuando este último no es viable, el retrovisor derecho pasa a ser obligatorio, por lo que la mayoría de vehículos cuentan con los tres espejos.

Centrando el desarrollo del presente apartado en el campo de aplicación perseguido en este proyecto, el cual está destinado al estudio de anclajes fijos para retrovisores de competición, se puede decir que, existe una gran variedad en cuanto a las formas y dimensiones de los mismos, dando lugar a, anclajes dobles figura I.2., anclajes simples figura I.3., o con formas un tanto variopintas figura I.4., todas ellas, estudiadas, diseñadas y analizadas, con el fin, de proporcionar la máxima fijación

# I. Introducción

---

frente a los grandes esfuerzos y solicitudes de la competición, pero sin dejar de lado el factor de la incidencia y carga aerodinámica, tan valiosa en la competición.

Para concluir esta introducción, y más allá de cualesquiera otras características añadidas, hay dos consideraciones imprescindibles en el estudio de los espejos retrovisores: Por un lado, la ubicación de estos elementos en el vehículo debe ser la correcta para que puedan cumplir con esta función de forma adecuada, de manera que un simple movimiento de ojos, permita acceder a ellos. Por otro, los espejos deben permitir la visión hasta una distancia determinada según su ubicación. El izquierdo, hasta 10 metros hacia atrás y 2,5 de anchura, y el derecho, hasta 20 metros por detrás del vehículo y una anchura de 4 metros.



**Figura I. 2.** Retrovisor con dos anclajes instalado en un Porche 911 que participo en las 24 h de lemans de 2014 [13].

# I. Introducción

---



Figura I. 3. Retrovisor con un anclaje instalado en el nuevo Corvette C8.R que participara en las 24 h de lemans de 2019 [12].



Figura I. 4. Retrovisor con anclaje en onda instalado en un Aston Martin que participa en las 24 h de lemans [11].

# **I. Introducción**

---

## **II. OBJETIVOS**

# **OBJETIVOS**



## **II. Objetivos**

---

### **II.1. OBJETIVO GENERAL.**

Este trabajo final de grado tiene como objeto el estudio y desarrollo del sistema de fijación de un espejo retrovisor al vehículo. En este caso, la forma de unión es una sujeción fija atornillada; se utiliza este tipo de unión ya que en la competición se busca, sobretodo, la funcionalidad y practicidad de los elementos y no tanto la comodidad, como sí sucede en el caso de un utilitario. Además, si se ha de sustituir el retrovisor, ya sea por una rotura o por un fallo en carrera, se puede llevar a cabo de manera rápida únicamente reemplazando los tornillos de la unión.

Asimismo, se tiene en cuenta que los vehículos de competición deben ser lo más ligeros posible, pues lo que se persigue es reducir el peso del vehículo. Esta reducción de peso en los retrovisores se consigue al no ser necesario disponer de los elementos que se requerirían en un sistema de unión mediante rótula, como podrían ser: motores, cableado, piñón o carcasa para el piñón, entre otros.

Todo ello, se abordará desde un punto de vista múltiple teniendo en cuenta las diversas disciplinas de la ingeniería mecánica, como son el diseño CAD, el desarrollo de un material, la fabricación, el estudio del comportamiento térmico, mecánico y aerodinámico y el estudio económico.

### **II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.**

Los objetivos específicos que se pretenden alcanzar en el presente proyecto son:

1.- Consideración de las acciones a las que está sometido el sistema de anclaje fijo del retrovisor al vehículo. En este caso, se ha tenido en cuenta una carga aerodinámica repartida en toda la superficie del anclaje fijo y una carga puntual estática, que simula el esfuerzo producido por una masa al entrar en contacto con el retrovisor de manera esporádica.

2.- Diseño de las diferentes geometrías de dicho sistema de anclaje fijo.

## **II. Objetivos**

---

3.- Comprobación del comportamiento del anclaje frente a las acciones consideradas. Para ello se lleva a cabo un estudio de estados tensionales y análisis de deformaciones en condiciones de servicio, ambos análisis mediante herramientas FEM.

4.- Elección del diseño óptimo del sistema de anclaje tras el análisis de los resultados obtenidos.

5.- Estudio del prototipo y de la fabricación del modelo de retrovisor.

6.- Estudio preliminar de viabilidad económica del producto.

## **II. Objetivos**

---

### **III. DESARROLLO PROYECTO**

# **DESARROLLO PROYECTO**



## **III. Desarrollo proyecto**

---

### **III.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS.**

#### **III.1. Diseño CAD espejo retrovisor.**

Este apartado recoge el diseño de un espejo retrovisor con dos prototipos de anclaje fijo diferentes, que se denominarán “Retrovisor A” y “Retrovisor B”, según el prototipo de anclaje.

Por lo tanto, dado que las diferencias radican en el tipo de anclaje pero ambos diseños comparten la misma geometría de carcasa, se explicará en primer lugar las etapas de diseño de ésta, en la que irán alojados el cristal y sus mecanismos de regulación y, a continuación, el diseño de cada uno de los sistemas de fijación.

Comenzando con el diseño de la carcasa, se parte de un trapecoide en 2D como se muestra en la figura IV.1. del anexo 1, de base mayor paralela al eje X = 200 mm, con sendos lados contiguos formando un ángulo de 80° y 65° y una altura de 40 mm y 85 mm, respectivamente. A continuación, se aplica a dicha superficie una función de extrusión de 50 mm para darle profundidad y obtener, así, la carcasa en 3D. Seguidamente, se emplean chaflanes en las uniones de las caras para eliminar las esquinas del objeto y se redondean, con el fin de evitar el posible desgaste o rotura de las aristas. Por último, al tener un trapecoide macizo, se ha de aplicar la función de vaciado a la pieza para conseguir una carcasa con un espesor de 3 mm.

Una vez definido el diseño de la carcasa que se utiliza en ambos anclajes, se han de definir las dimensiones y la ubicación de los mismos para lograr los diseños buscados. Este paso se realiza en los siguientes apartados para poder distinguir con claridad el “Retrovisor A” y el “Retrovisor B”.

##### **III.1.1. Diseño retrovisor A.**

Antes de proceder a la definición del diseño de este anclaje, se ha de explicar que la geometría del mismo se ha elegido por diversas razones, como son: buen comportamiento, funcionalidad y economía; así como, dar continuidad a la estética del

### III. Desarrollo proyecto

---

retrovisor, elegida para favorecer la aerodinámica, evitando las caras planas y suavizando las aristas, con el fin de eliminar puntos de tensión y zonas de turbulencia y depresiones.

Abordando ahora el diseño del sistema de sujeción del “Retrovisor A”, se parte de un plano perpendicular a la base mayor y situado en el punto de contacto entre dicha base y el lado contiguo de mayor longitud, como se puede ver en la figura IV.11. del anexo 1. En ese plano se dibuja un croquis de la superficie del anclaje, con una altura de 40 mm y un ancho de 25 mm. A continuación, se aplica una función de extrusión de 35 mm en la dirección Z del eje de referencia del plano y otra extrusión, opuesta a esta dirección, hasta cortar con la superficie de la carcasa.

Seguidamente, se emplean chaflanes en las uniones de las caras para eliminar las esquinas del objeto y se redondean con el fin de evitar el posible desgaste o rotura de las aristas, como se puede ver en las figuras figura IV.13. a la IV.17. Asimismo, se realiza otro redondeo en la línea de contacto entre la segunda extrusión realizada y la superficie de la carcasa, este redondeo se lleva a cabo para eliminar puntos de tensión entre el anclaje y dicha superficie. Adicionalmente, se efectúa un redondeo a lo largo de las aristas que conforman el perímetro frontal de la carcasa junto con el anclaje.

A continuación, como se tiene la pieza del anclaje maciza se ha de aplicar la función de vaciado, con el fin de obtener un volumen hueco con un espesor de 7 mm, este vaciado se realiza con el objetivo de aligerar la pieza y reducir el peso de la misma, así como, para alojar cables o mecanismos necesarios para la regulación del cristal. Así, con el propósito de obtener dicho vaciado, en la cara externa del anclaje se realiza el croquis de un trapecio con las dimensiones establecidas en la figura IV.19. para conseguir el espesor fijado de 7 mm y se aplica la función de vaciado con una longitud de 61 mm.

Se prevé que el anclaje en el “Retrovisor A” sea una unión atornillada mediante 5 tornillos, por lo que se ha de decidir la disposición geométrica de los mismos; en este caso, la forma óptima de la colocación serían tres en la base mayor del trapecio y dos en la base menor. En cuanto a los primeros, dos de ellos están ubicados en las zonas

### III. Desarrollo proyecto

---

extremas y, el último, se dispone en el centro actuando de refuerzo, mientras que, en la base menor, los dos tornillos se colocan, también, en los extremos.

Por último, se aplica la función de taladro roscado de métrica 4 y 15 mm de profundidad. Los centros del roscado se sitúan a 3.5 mm de los bordes de la pieza, por lo que, en el espesor del anclaje quedan 1.5 mm a ambos lados de los tornillos, esta distancia garantiza la correcta unión sin rotura.

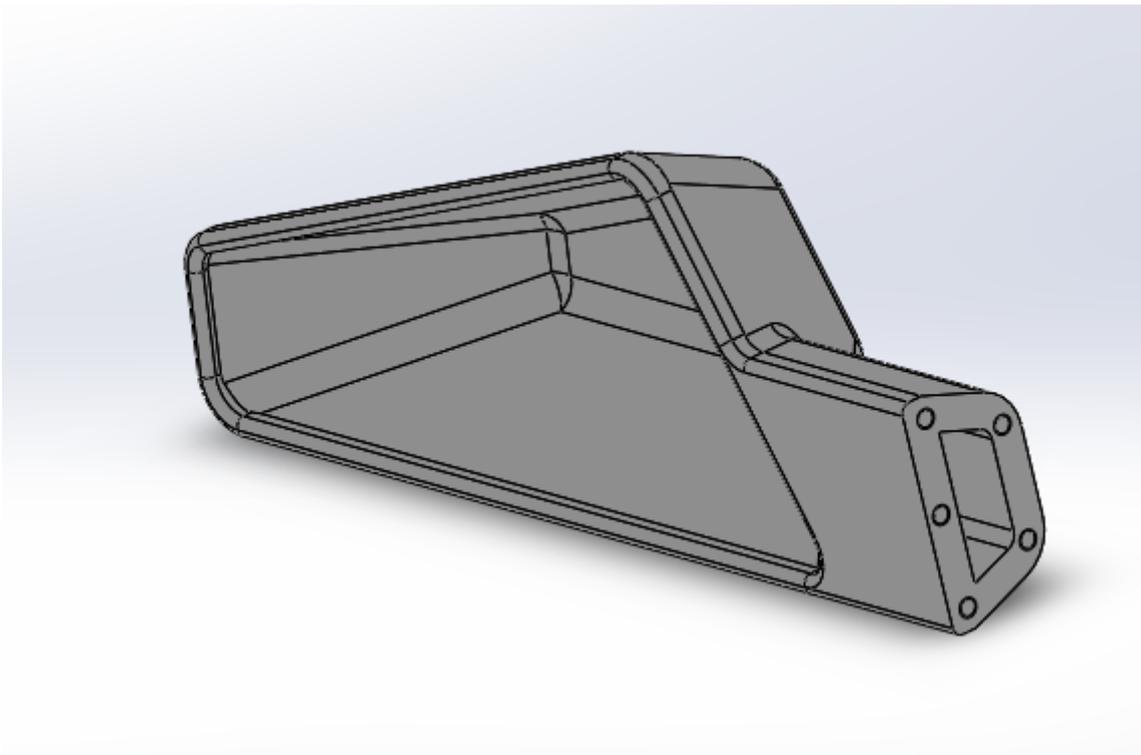


Figura III. 1. Vista general del diseño con un anclaje del "Retrovisor A"

#### III.1.2. Diseño retrovisor B.

En este apartado, al igual que se ha efectuado en el anterior, se realiza una justificación de la elección de la geometría previa a la explicación del diseño del anclaje fijo.

En el "Retrovisor B" se ha optado por un anclaje doble de dimensiones inferiores a las del "Retrovisor A". Este anclaje doble se ha elegido con el objetivo de reducir el volumen del sistema de sujeción, para tener, así, un menor peso de la pieza y

### III. Desarrollo proyecto

---

una reducción de la carga aerodinámica, facilitando el flujo del viento. El sistema doble de unión se ha seleccionado con la finalidad de resistir los esfuerzos del retrovisor. En este caso, también se han tenido en cuenta otros criterios como su funcionalidad y economía.

A continuación, se procede al diseño del sistema de sujeción del “Retrovisor B”; se parte de un plano perpendicular a la base mayor y situado en el punto de contacto entre dicha base y el lado contiguo de mayor longitud, como se puede ver en la figura IV.33. y IV.36. del anexo 1. En ese plano, se dibuja un croquis de la superficie del anclaje con una altura de 25 mm y un ancho de 25 mm.

Seguidamente, se aplica una función de extrusión de 35 mm en la dirección Z del eje de referencia del plano y otra extrusión, opuesta a esta dirección, hasta cortar con la superficie de la carcasa. Posteriormente, se aplica un chaflán en la cara superior en la dirección Y del eje de referencia del plano con un ángulo de  $10^\circ$ .

Después de esto, se repite el proceso en la parte superior del retrovisor para obtener el segundo punto de anclaje fijo. En este caso, se dibuja un croquis de la superficie del anclaje, al igual que en el caso anterior, con una altura de 25 mm y un ancho de 25 mm.

A continuación, se aplica una función de extrusión en la dirección Z del eje de referencia del plano y otra extrusión opuesta a esta dirección, hasta cortar con la superficie de la carcasa. Posteriormente, se aplica un chaflán en la cara inferior en la dirección Y del eje de referencia del plano con un ángulo de  $4^\circ$ .

Seguidamente, se aplican chaflanes en ambas uniones, que se llevan a cabo en las caras interiores para eliminar material y, después de realizar los chaflanes, se redondean las aristas con el fin de evitar el posible desgaste o rotura de estas.

Asimismo, se realiza otro redondeo en la línea de contacto entre las extrusiones realizadas hacia la carcasa y las superficies de esta, a fin de eliminar puntos de tensión entre los anclajes y la misma. Adicionalmente, se efectúa un redondeo a lo largo de las aristas que conforman el perímetro frontal de la carcasa junto con los anclajes.

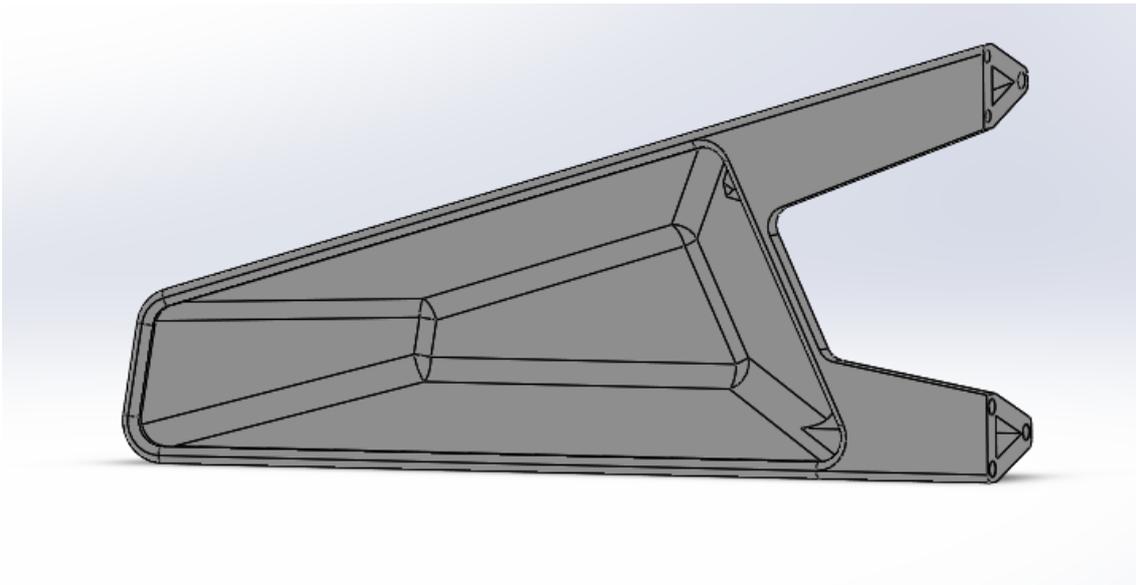
### III. Desarrollo proyecto

---

A continuación, al tener las piezas del anclaje macizas se ha de aplicar la función de vaciado, con el fin de obtener un volumen hueco con un espesor de 5 mm en cada uno de los anclajes. Este vaciado se realiza con el objetivo de aligerar la pieza y reducir el peso de la misma, así como, para alojar cables o mecanismos necesarios para la regulación del cristal. Para ello, en la cara externa del anclaje se realiza el croquis de un triángulo de 10 mm de lado y se aplica la función de vaciado, con una longitud de 58 mm en el sistema de sujeción de la parte inferior y de 79 mm en el de la parte superior.

Se prevé que el anclaje en el “Retrovisor B” sea una unión atornillada mediante 6 tornillos, tres en cada sistema de unión.

Por último, se aplica la función de taladro roscado de métrica 4 y 14 mm de profundidad. Los centros del roscado se sitúan a 3.5 mm de los bordes de la pieza, por lo que, en el espesor del anclaje quedan 1 mm a ambos lados de los tornillos, lo que garantiza la correcta sujeción.



**Figura III. 2.** Vista general del diseño con dos anclajes del “Retrovisor B”

## **III. Desarrollo proyecto**

---

### **III.2. Estudio y análisis CAE de espejo retrovisor.**

#### **III.2.1. Definición de componentes y selección de materiales.**

En el siguiente apartado se definen los materiales más adecuados para los retrovisores, atendiendo a su aplicación en cada uno de los diseños de los anclajes y teniendo en cuenta las propiedades mecánicas, espesor de material y otros factores como el precio, el proceso de fabricación y coste medio ambiental. Estos se desarrollarán con más detenimiento en los siguientes puntos.

Así, los materiales considerados son los siguientes: poliéter éter cetona (PEEK), policarbonato (PC), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y policloruro de vinilo (PVC).

También quedan definidos los espesores, que serán de 3 mm en las paredes de la carcasa donde se alojarán los mecanismos y el cristal del espejo; de 7 mm en el anclaje del "Retrovisor A" y de 5 mm en los anclajes del "Retrovisor B".

A continuación se definen las propiedades más relevantes de cada uno de los materiales y una breve descripción de los mismos, así como su uso más habitual.

### III. Desarrollo proyecto

| PEEK  |  |
|---|--|
| Propiedades generales                           |  |
| Densidad  | 1,3 · 10 <sup>3</sup> - 1,32 · 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> |
| Precio  | 78,6 €/kg  |
| Propiedades mecánicas                           |  |
| Módulo de Young                                 | 3,75 - 3,95 GPa  |
| Límite elástico                                 | 65 - 95 MPa  |
| Resistencia a tracción                          | 70 - 103 MPa   |
| Elongación                                      | 30 - 150 % strain  |
| Dureza-Vickers                                  | 26,1 - 28,5 HV   |
| Resistencia a fatiga para                       | 10 <sup>7</sup> ciclos 28,1 - 41,2 MPa                           |
| Tenacidad a fractura                            | 2,73 - 4,3 MPa · m <sup>0.5</sup>                                |
| Propiedades térmicas                            |  |
| Punto de fusión                                 | 322 - 346 °C   |
| Máxima temperatura en servicio                  | 239 - 260 °C   |
| ¿Conductor térmico o aislante?                  | Buen aislante  |
| Ecopropiedades                                  |  |
| Contenido en energía, producción primaria       | 286 - 315 MJ/kg  |
| Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria | 15,9 - 17,5 kg/kg  |
| Reciclable                                      | Baja   |

**Tabla III. 1.** Tabla de propiedades PEEK

El PEEK es un termoplástico de alto rendimiento, lo que significa que, entre los termoplásticos, tiene una rigidez, resistencia y capacidad de soportar el calor excepcional. Pero esto tiene un precio, pues el PEEK es 50 veces más caro que el PP, y de 10 a 20 veces más costoso que el resto de los polímeros similares. Esto limita su aplicación a situaciones específicas donde los requerimientos técnicos sean el factor dominante.

Este material se suele emplear para conectores eléctricos, contadores de agua caliente, componentes de motores de F1, válvulas y elementos de apoyo,

### III. Desarrollo proyecto

revestimientos de alambres y cables, películas y fibras para aplicaciones especiales, anillos de sacrificio en bombas, carcasas en aparatos eléctricos, bujes o cojinetes.

| PC  |   |
|---|---|
| Propiedades generales                           |   |
| Densidad  | $1,19 \cdot 10^3 - 1,21 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  |
| Precio  | 2,76 - 3,03 €/kg                                    |
| Propiedades mecánicas                           |   |
| Módulo de Young                                 | 2,24 - 2,52 GPa                                     |
| Límite elástico                                 | 55,9 - 68,9 MPa                                     |
| Resistencia a tracción                          | 60,7 - 74,8 MPa                                     |
| Elongación                                      | 110 - 150 % strain                                  |
| Dureza-Vickers                                  | 17,1 - 21,1 HV                                      |
| Resistencia a fatiga para                       | $10^7 \text{ ciclos} \cdot 23,7 - 30,8 \text{ MPa}$ |
| Tenacidad a fractura                            | $1,94 - 2,48 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$      |
| Propiedades térmicas                            |   |
| Punto de fusión                                 | 220 - 250 °C  |
| Máxima temperatura en servicio                  | 96,9 - 120 °C                                       |
| ¿Conductor térmico o aislante?                  | Buen aislante                                       |
| Ecopropiedades                                  |   |
| Contenido en energía, producción primaria       | 100 - 111 MJ/kg                                     |
| Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria | 4,53 - 4,99 kg/kg                                   |
| Reciclable                                      | Baja  |

**Tabla III. 2.** Tabla de propiedades PC

El PC es uno de los termoplásticos "ingenieriles", es decir, aquellos que tienen unas mejores propiedades mecánicas. Dentro de este grupo, se incluyen los plásticos poliamida (PA), polióxido de metileno o resina acetálica (POM) y politetrafluoroetileno (PTFE). El anillo de benceno y el grupo de OCOO-carbonato se complementan en el PC puro para darle sus características únicas de transparencia óptica, elevada dureza y rigidez, incluso a temperaturas relativamente altas. Estas propiedades hacen del PC

### **III. Desarrollo proyecto**

---

una buena opción para aplicaciones tales como discos compactos (CD), cascos de seguridad y estuches de herramientas eléctricas. Para llevar las propiedades de PC todavía más allá, es posible co-polimerizar la molécula con otros monómeros, mejorando, así, su resistencia al fuego, el índice de refracción y la resistencia al ablandamiento; o reforzarlo con fibras de vidrio, lo que resulta en mejores propiedades mecánicas a altas temperaturas.

Este material se suele emplear también para protectores y gafas de seguridad, lentes, paneles transparentes (incluso a prueba de balas), carcasas de máquinas e instrumentación, equipos de alumbrado, cascos de seguridad, interruptores eléctricos, acristalamientos multicapa, utensilios de cocina y vajillas, recipientes para microondas o utensilios médicos esterilizables.

### III. Desarrollo proyecto

| ABS   |   |
|---|---|
| Propiedades generales                           |   |
| Densidad  | 1,03 · 10 <sup>3</sup> - 1,06 · 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> |
| Precio  | 2,31 - 2,78 €/kg  |
| Propiedades mecánicas                           |   |
| Módulo de Young                                 | 2,08 - 2,75 GPa   |
| Límite elástico                                 | 34,5 - 49,6 MPa   |
| Resistencia a tracción                          | 37,8 - 51,8 MPa   |
| Elongación                                      | 5 - 60 % strain   |
| Dureza-Vickers                                  | 10 - 14,9 HV  |
| Resistencia a fatiga para                       | 10 <sup>7</sup> ciclos * 15,1 - 20,7 MPa                          |
| Tenacidad a fractura                            | 1,47 - 4,29 MPa · m <sup>0.5</sup>                                |
| Propiedades térmicas                            |   |
| Punto de fusión                                 | 230 - 260 °C  |
| Máxima temperatura en servicio                  | 62,9 - 76,9 °C  |
| ¿Conductor térmico o aislante?                  | Buen aislante   |
| Ecopropiedades                                  |   |
| Contenido en energía, producción primaria       | 87,7 - 96,7 MJ/kg   |
| Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria | 3,27 - 3,61 kg/kg   |
| Reciclable                                      | Baja  |

**Tabla III. 3.** Tabla de propiedades ABS

El ABS es fuerte, tenaz y fácil de moldear. Por lo general es opaco, aunque algunos son transparentes, y se le puede dar colores vivos. Las aleaciones ABS-PVC son más tenaces que el ABS estándar y, existen grados auto-extinguibles que se utilizan para carcasas de herramientas eléctricas.

Este material se suele emplear para: cascos de seguridad, material de acampada, paneles de instrumentos y carrocería de automóviles, accesorios de tuberías, seguridad doméstica, carcasas de pequeños electrodomésticos, equipos de comunicación, material de oficina, fontanería, rejillas y tapacubos de coche, cubiertas,

### III. Desarrollo proyecto

revestimientos para refrigeradores, equipajes, bandejas para cajas de herramientas, cubiertas para cortacésped, cascos de barcos, grandes piezas para vehículos recreacionales, sellos, molduras para ventanas o canalizaciones y plomería.

| PVC   |  |
|---|--|
| Propiedades generales                           |  |
| Densidad  | $1,29 \cdot 10^3 - 1,45 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ |
| Precio  | 2,18 - 2,22 €/kg                                   |
| Propiedades mecánicas                           |  |
| Módulo de Young                                 | 2,19 - 3,11 GPa                                    |
| Límite elástico                                 | 37,6 - 45,5 MPa                                    |
| Resistencia a tracción                          | 37,7 - 43,9 MPa                                    |
| Elongación                                      | 40 - 80 % strain                                   |
| Dureza-Vickers                                  | 12 HV  |
| Resistencia a fatiga para                       | $10^7$ ciclos * 16,5 - 21,1 MPa                    |
| Tenacidad a fractura                            | $3,63 - 3,85 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$     |
| Propiedades térmicas                            |  |
| Punto de fusión                                 | 212 °C   |
| Máxima temperatura en servicio                  | 49,9 - 62,9 °C                                     |
| ¿Conductor térmico o aislante?                  | Buen aislante                                      |
| Ecopropiedades                                  |  |
| Contenido en energía, producción primaria       | 61,8 - 68,2 MJ/kg                                  |
| Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria | 2,57 - 2,83 kg/kg                                  |
| Reciclable                                      | Media  |

Tabla III. 4. Tabla de propiedades PVC

El PVC es uno de los polímeros, junto al polietileno, más baratos y versátiles, particularmente característico por su carácter polifacético. En su forma pura, como termoplástico, es rígido y no muy tenaz; es un polímero ingenieril con buena relación calidad precio, efectivo siempre y cuando las condiciones de uso no sean extremas. La incorporación de plastificantes da lugar al PVC flexible, un material similar al cuero o

### **III. Desarrollo proyecto**

---

goma, que se utiliza como sustituto de ambos. Por el contrario, el refuerzo con fibra de vidrio da un material lo suficientemente rígido, fuerte y resistente como para ser utilizado en techos, suelos y paneles de construcción. Tanto el PVC rígido como el flexible pueden ser expandidos para formar paneles estructurales ligeros, tapicería de vehículos y elementos de uso doméstico. La mezcla con otros polímeros amplía aún más la diversidad de propiedades: grabado de discos de vinilo en un cloruro de vinilo/acetato de copolímero moldeado, y el soplado de botellas en cloruro de vinilo/copolímero acrílico.

El material termoplástico se suele emplear para tuberías, accesorios, perfiles, señalización vial, envases de cosméticos, canoas, mangueras de jardín, tarimas, ventanas y cubiertas, discos de vinilo, muñecos o tubos médicos. Mientras que el elastomérico, se utiliza para cuero artificial, aislamiento de cables, laminas, hojas, tejidos o tapicería en automoción.

A continuación, y a modo de resumen, se presenta una tabla que muestra la comparativa de cada uno de los materiales propuestos.

### III. Desarrollo proyecto

| Materiales                                      | PEEK   | PC  | ABS   | PVC   |
|---|--|---|---|---|
| <b>Propiedades generales</b>                    |  |   |   |   |
| Densidad  | 1,3 · 10 <sup>3</sup> - 1,32 · 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> | 1,19 · 10 <sup>3</sup> - 1,21 · 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> | 1,03 · 10 <sup>3</sup> - 1,06 · 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> | 1,29 · 10 <sup>3</sup> - 1,45 · 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> |
| Precio  | 78,6 €/kg  | 2,76 - 3,03 €/kg  | 2,31 - 2,78 €/kg  | 2,18 - 2,22 €/kg  |
| <b>Propiedades mecánicas</b>                    |  |   |   |   |
| Módulo de Young                                 | 3,75 - 3,95 GPa  | 2,24 - 2,52 GPa   | 2,08 - 2,75 GPa   | 2,19 - 3,11 GPa   |
| Límite elástico                                 | 65 - 95 MPa  | 55,9 - 68,9 MPa   | 34,5 - 49,6 MPa   | 37,6 - 45,5 MPa   |
| Resistencia a tracción                          | 70 - 103 MPa   | 60,7 - 74,8 MPa   | 37,8 - 51,8 MPa   | 37,7 - 43,9 MPa   |
| Elongación                                      | 30 - 150 % strain  | 110 - 150 % strain  | 5 - 60 % strain   | 40 - 80 % strain  |
| Dureza-Vickers                                  | 26,1 - 28,5 HV   | 17,1 - 21,1 HV  | 10 - 14,9 HV  | 12 HV   |
| Resistencia a fatiga                            | 10 <sup>7</sup> ciclos · 28,1 - 41,2 MPa                         | 10 <sup>7</sup> ciclos · 23,7 - 30,8 MPa                          | 10 <sup>7</sup> ciclos · 15,1 - 20,7 MPa                          | 10 <sup>7</sup> ciclos · 16,5 - 21,1 MPa                          |
| Tenacidad a fractura                            | 2,73 - 4,3 MPa m <sup>0.5</sup>                                  | 1,94 - 2,48 MPa m <sup>0.5</sup>                                  | 1,47 - 4,29 MPa m <sup>0.5</sup>                                  | 3,63 - 3,85 MPa m <sup>0.5</sup>                                  |
| <b>Propiedades térmicas</b>                     |  |   |   |   |
| Punto de fusión                                 | 322 - 346 °C   | 220 - 250 °C  | 230 - 260 °C  | 212 °C  |
| ¿Conductor térmico o aislante?                  | Buen aislante  | Buen aislante   | Buen aislante   | Buen aislante   |
| <b>Ecopropiedades</b>                           |  |   |   |   |
| Contenido en energía, producción primaria       | 286 - 315 MJ/kg  | 100 - 111 MJ/kg   | 87,7 - 96,7 MJ/kg   | 61,8 - 68,2 MJ/kg   |
| Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria | 15,9 - 17,5 kg/kg  | 4,53 - 4,99 kg/kg   | 3,27 - 3,61 kg/kg   | 2,57 - 2,83 kg/kg   |
| Reciclable                                      | Baja   | Baja  | Baja  | Media   |

Tabla III. 5. Tabla comparativa de materiales objeto de estudio.

Por tanto, se puede concluir que los cuatro materiales presentan una densidad similar, lo que la descarta como factor decisorio para la elección. No ocurre lo mismo con el

### **III. Desarrollo proyecto**

---

criterio económico, que descarta el PEEK por su elevado coste. Por lo que restan como opciones el PC, ABS y PVC.

Dadas sus propiedades mecánicas, puede descartarse el PC debido a que su Módulo de Young es inferior y, por tanto, también lo es su resistencia. Y, teniendo en cuenta que el objetivo ideal para este producto estriba en el equilibrio entre la resistencia del material y el límite elástico, y que origine el menor impacto ambiental posible, tanto el ABS como el PVC aparecen como los materiales más adecuados a utilizar en los diferentes diseños.

Adicionalmente, se va a realizar un análisis multicriterio, que es una técnica basada en la asignación de un peso relativo a las distintas variables que puedan resultar significativas a la hora de la elección de una u otra solución. Si bien este análisis multicriterio no sirve como justificación de los materiales elegidos, sí puede utilizarse como apoyo o refuerzo en la elección de los mismos.

En función de la importancia que se da a cada una de las propiedades en los diseños se les asignará un determinado valor, variando éste de 1 a 10, siendo el más alto indicativo de una mayor influencia en el diseño. Así mismo, se analizará cada una de las propiedades para los distintos materiales, puntuándose de 1 a 4, siendo la puntuación más alta indicativa de una mayor aptitud del material en esa propiedad.

### III. Desarrollo proyecto

| TABLA MULTICRITERIO                             |       |            |                 |      |                 |      |                 |      |                 |
|---|-------|------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|
| Propiedades                                     | Valor | Materiales |                 |      |                 |      |                 |      |                 |
|   |       | PEEK       |                 | PC   |                 | ABS  |                 | PVC  |                 |
|   |       | Peso       | Valor x<br>Peso | Peso | Valor x<br>Peso | Peso | Valor x<br>Peso | Peso | Valor x<br>Peso |
| Precio  | 10    | 1          | 10              | 3    | 30              | 4    | 40              | 4    | 40              |
| Módulo de Young                                 | 8     | 2          | 16              | 2    | 16              | 3    | 24              | 3    | 24              |
| Límite elástico                                 | 8     | 2          | 16              | 2    | 16              | 3    | 24              | 3    | 24              |
| Resistencia a tracción                          | 6     | 4          | 24              | 3    | 18              | 3    | 18              | 2    | 12              |
| Resistencia a fatiga                            | 6     | 4          | 24              | 3    | 18              | 2    | 12              | 2    | 12              |
| Tenacidad a fractura                            | 7     | 4          | 28              | 2    | 14              | 4    | 28              | 3    | 21              |
| Punto de fusión                                 | 5     | 1          | 5               | 3    | 15              | 3    | 15              | 3    | 15              |
| Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria | 8     | 1          | 8               | 2    | 16              | 4    | 32              | 4    | 32              |
| Reciclable                                      | 7     | 2          | 14              | 2    | 14              | 2    | 14              | 3    | 21              |
| <b>Total</b>                                    |       |            | 145             |      | 157             |      | 207             |      | 201             |

Tabla III. 6. Tabla multicriterio de materiales objeto de estudio.

Este análisis multicriterio muestra que la mayor puntuación se da en el ABS, lo que refuerza y apoya la justificación previa y, permite concluir la idoneidad del ABS como el material óptimo para la simulación mediante FEM será el ABS.

### III. Desarrollo proyecto

#### III.2.2. Estudio y análisis FEM de retrovisor con distintos anclajes.

##### III.2.2.1. Sujeciones y anclajes.

En el presente apartado se definen los contactos que existen entre componentes; en este trabajo, los puntos de anclaje fijos que quedan definidos por uniones atornilladas a la carrocería del vehículo.

Para realizar la unión se emplean tornillos de métrica 4 y 12 mm de longitud, de cabeza Allen con forma de mediacaña aplanada y de acero inoxidable, acorde a la ISO 7380-2.

Estos puntos de anclaje se modelizan en SolidWorks para cada uno de los diseños, para posteriormente aplicar cargas aerodinámicas y cargas estáticas, que se desarrollarán en los siguientes apartados

A continuación, se muestra la tabla con las medidas correspondientes para cada una de las métricas.

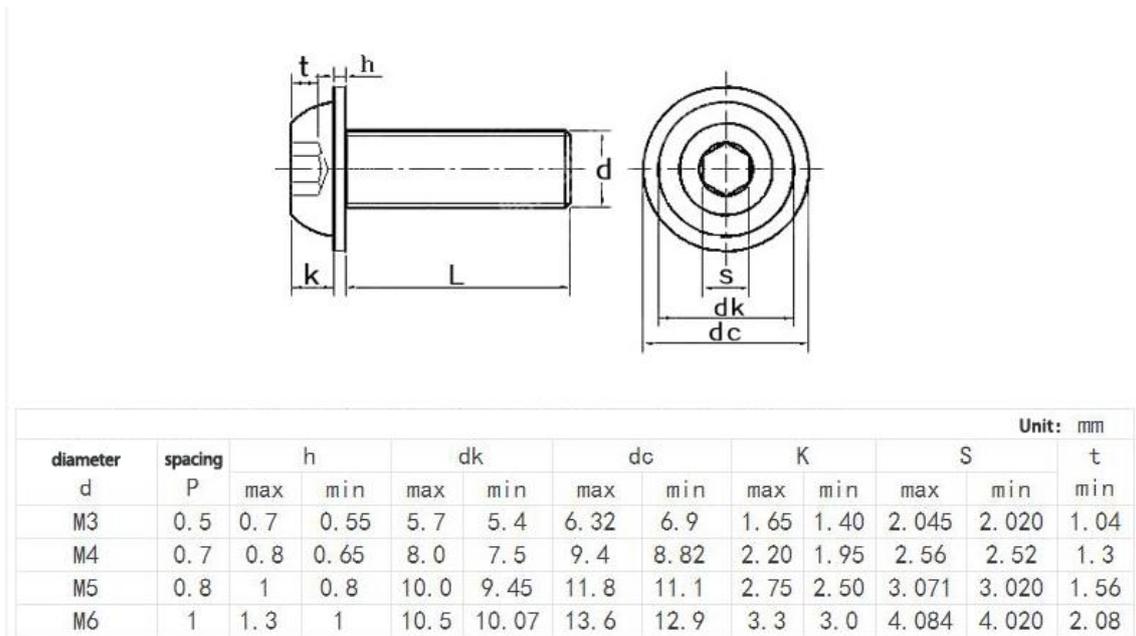
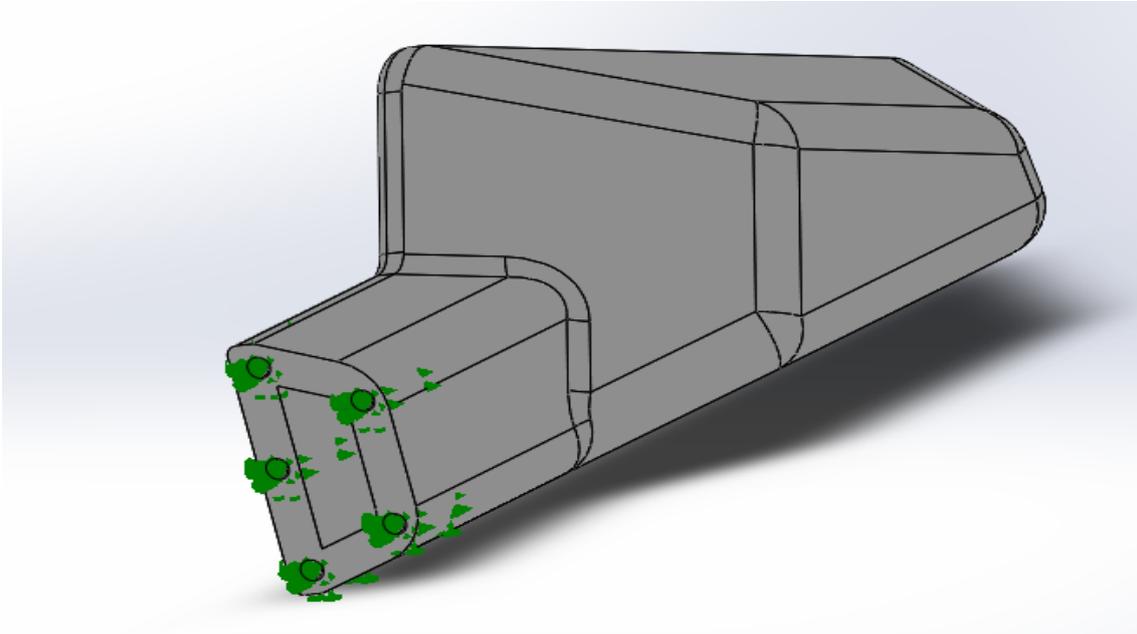


Figura III. 3. Medias del tornillo de métrica 4 para el anclaje de retrovisor.

### III. Desarrollo proyecto

---

Para el diseño del "Retrovisor A" se emplean 5 uniones atornilladas con los tornillos anteriormente definidos.



**Figura III. 4.** Puntos de anclaje de la unión atornillada a la carrocería del vehículo para el "Retrovisor A"

Para el diseño del "Retrovisor B" se emplean 6 uniones atornilladas con los tornillos anteriormente definidos.

### III. Desarrollo proyecto

---

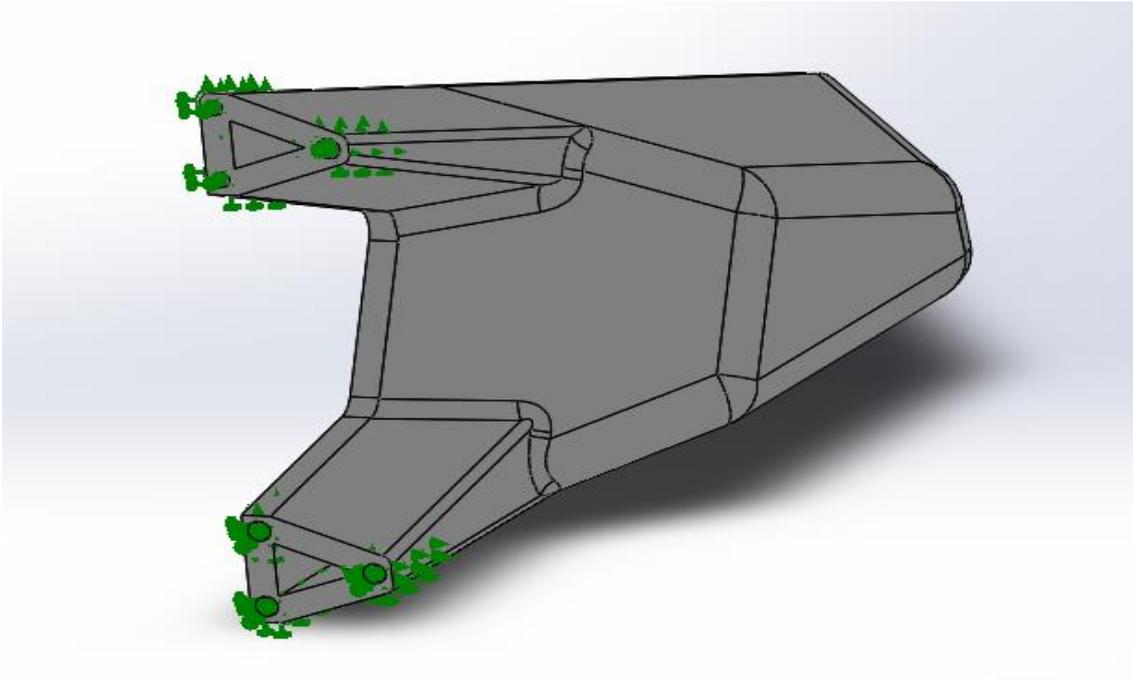


Figura III. 5. Puntos de anclaje de la unión atornillada a la carrocería del vehículo para el "Retrovisor B"

#### III.2.2.2. Hipótesis de carga.

Las cargas consideradas en este trabajo son: una carga aerodinámica que simula la acción del viento, para conocer cuál es su comportamiento en servicio a una velocidad máxima de 300 km/h y una carga estática de 4 kg aplicada en cuatro puntos diferentes del retrovisor; todas ellas, con el fin de obtener las deformaciones y tensiones ocasionadas por golpes, apoyos o cualquier otro motivo.

##### III.2.2.2.1. Hipótesis de carga aerodinámica.

Para obtener los valores de las cargas aerodinámicas se debe realizar un estudio previo con la herramienta de Flow Simulation

Se procederá a realizar una simulación mediante la herramienta de Solid Works Flow Simulation con la que se obtendrá, con unos parámetros de viento en condiciones normales y una velocidad de 300 km/h, los parámetros de carga que posteriormente serán exportados a la herramienta de simulación de cargas de Solid Works, en la que se

### III. Desarrollo proyecto

---

mostrará la incidencia de las cargas de viento sobre cada uno de los diseños de anclajes.

Seguidamente, se realizará una descripción paso a paso de la simulación aerodinámica del anclaje del retrovisor A mediante la herramienta Flow Simulation, obteniendo, así, los correspondientes resultados. Posteriormente, en el caso del retrovisor B, únicamente se mostrarán los resultados conseguidos para este diseño del anclaje. Además, se procederá a describir la forma de exportar estos datos para su posterior estudio de simulación de cargas, que se desarrolla en el apartado **III.2.2.4. Ejecución de simulaciones, análisis y síntesis de resultados.**

A continuación, se muestran los pasos descritos en el párrafo anterior, que se han seguido en la herramienta de Flow Simulation de Solid Works para obtener las presiones a las que están sometidos los anclajes de ambos retrovisores, las cuales se aplicarán posteriormente como cargas externas en la simulación de Solid Works.

Para comenzar un nuevo proyecto se presionará la pestaña “Wizard” situada en la paleta de herramientas de Flow Simulation.



Figura III. 6. Pestaña “Wizard” para inicio de un nuevo proyecto.

Tras presionar en la pestaña arriba descrita se abrirá el asistente para ir aplicando las condiciones del ensayo.

Primero se introducirá en nombre del proyecto.

### III. Desarrollo proyecto

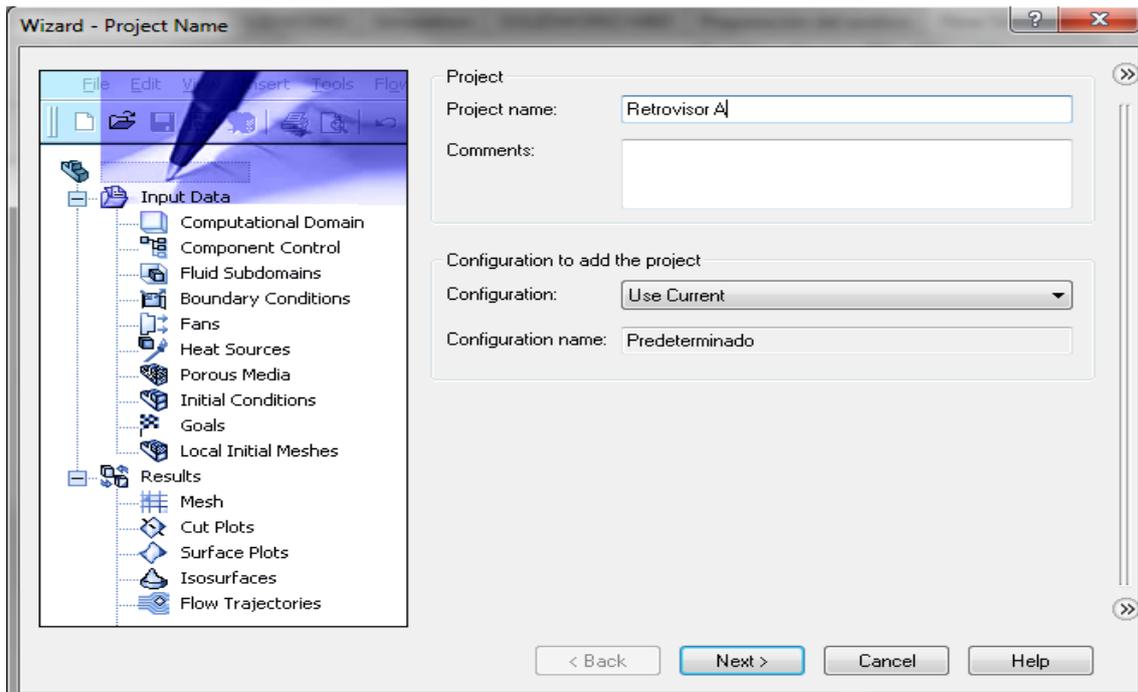


Figura III. 7. En esta pestaña se pondrá el nombre del proyecto.

Seguidamente, se introducirán las unidades, en este caso se elige “SI”, que se corresponde con las unidades del sistema internacional de medida.

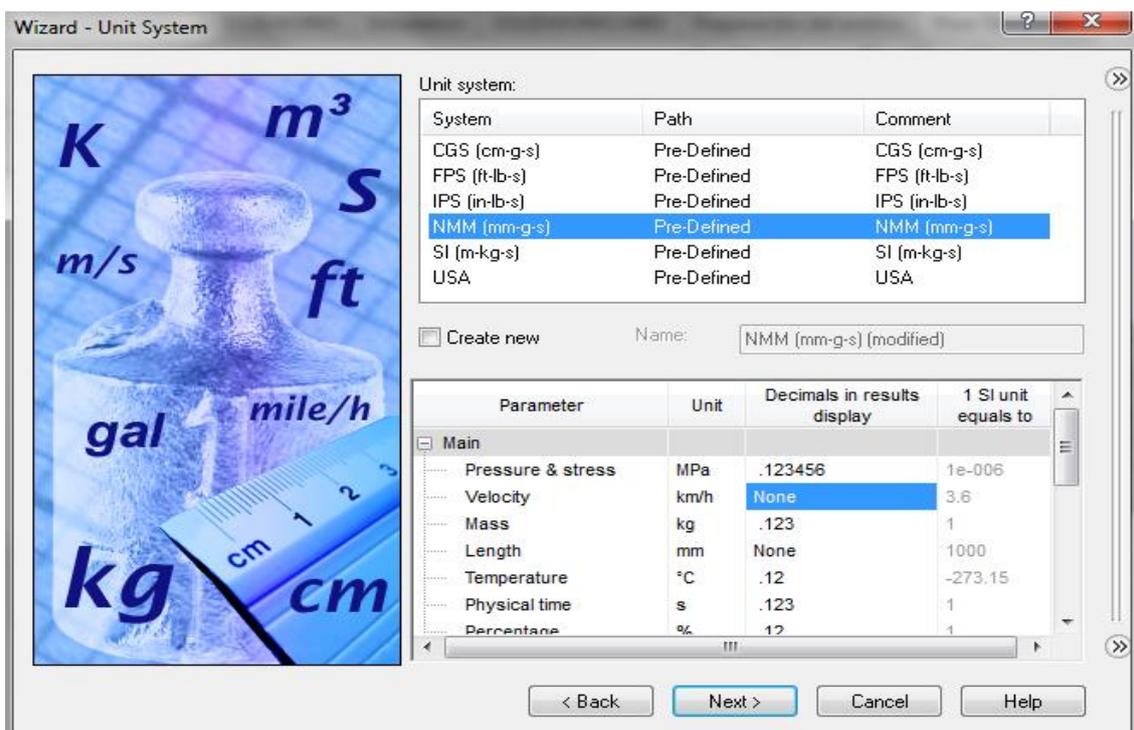


Figura III. 8. Pestaña para seleccionar el sistema métrico más acorde al supuesto del presente trabajo.

### III. Desarrollo proyecto

Después, se seleccionará el tipo de flujo del fluido, que puede ser interno o externo, en este caso el flujo será externo.

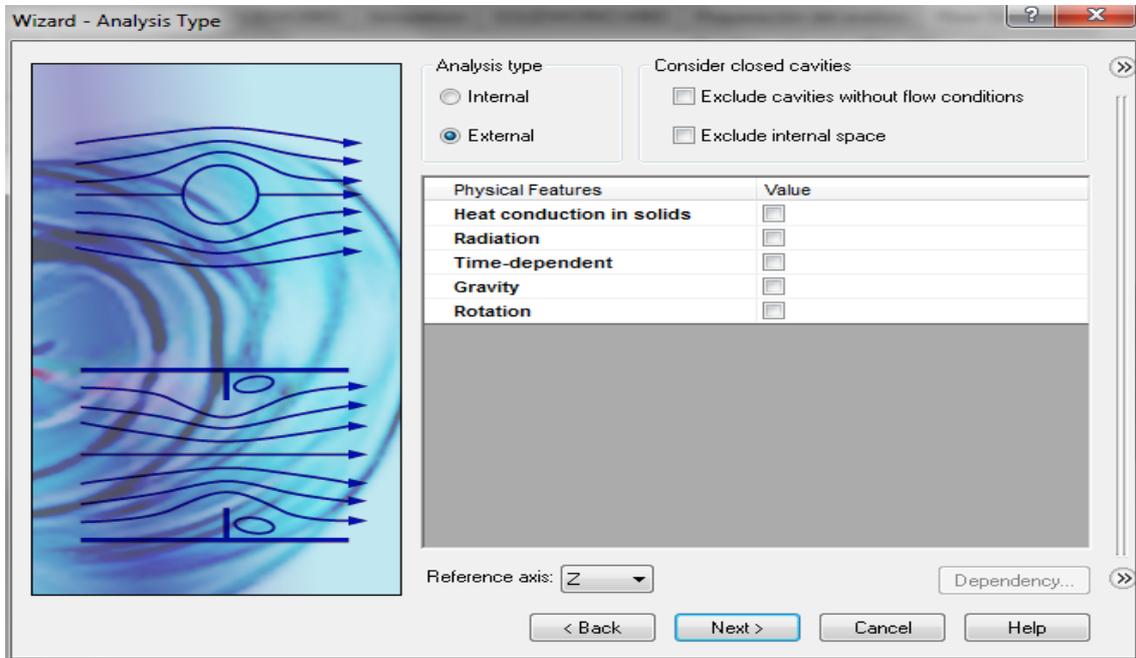


Figura III. 9. Selección del tipo de flujo y dirección del fluido.

A continuación, se elegirá el tipo de fluido, en este caso en particular se considera el aire.

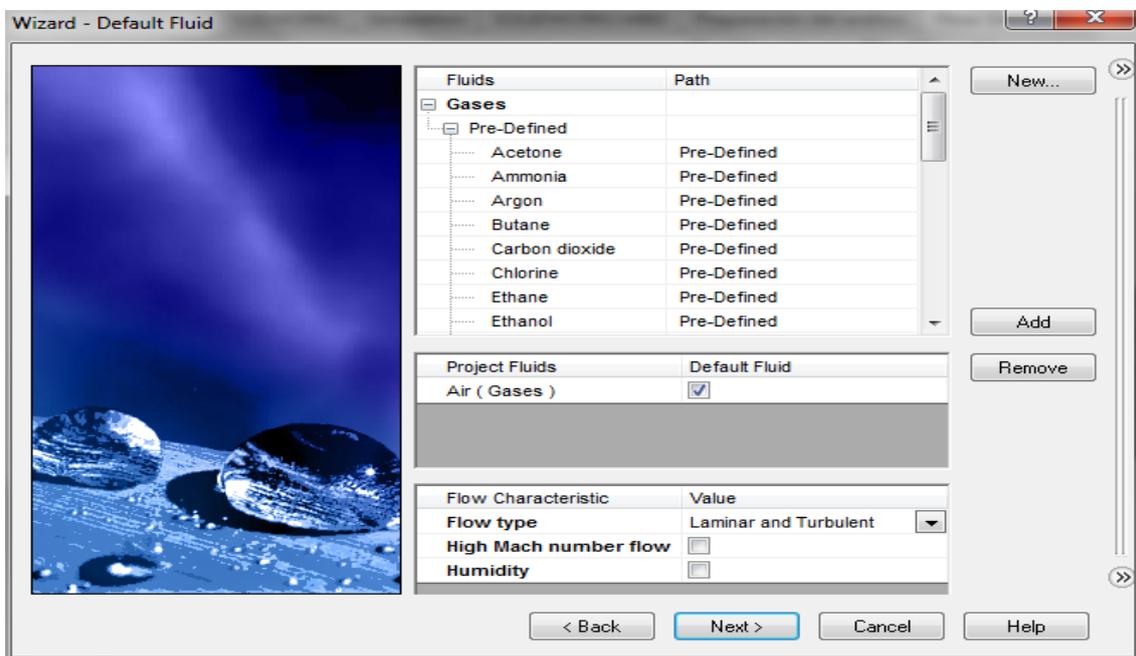


Figura III. 10. Tabla con los distintos tipos de fluidos a seleccionar.

### III. Desarrollo proyecto

Posteriormente, se definirán las condiciones del fluido, donde se seleccionarán tanto las condiciones termodinámicas como la velocidad del fluido. En este caso concreto, las condiciones termodinámicas de presión y temperatura, serán las dadas para condiciones normales y la velocidad del fluido de 300Km/h en el eje Z.

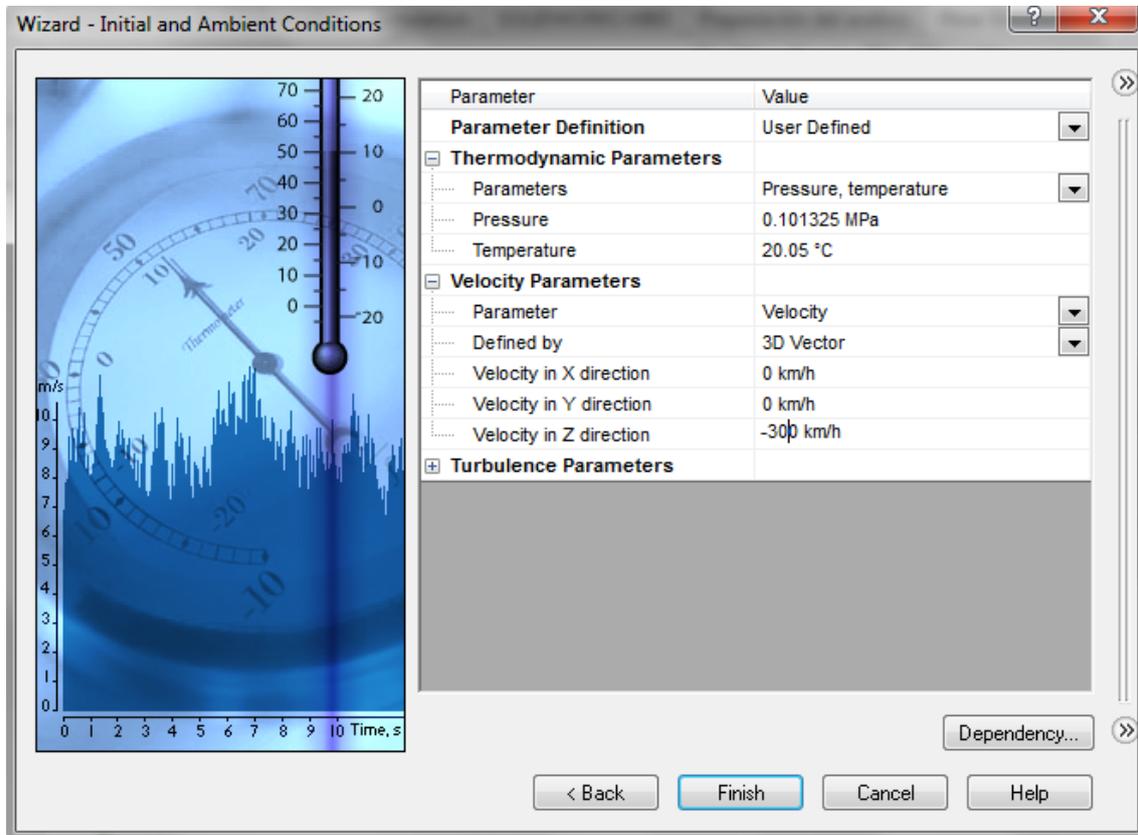


Figura III. 11. Tabla para definición de condiciones termodinámicas y de velocidad de fluidos.

Una vez asignados los valores anteriores, se procederá a delimitar el área de cálculo del modelo para la posterior simulación.

### III. Desarrollo proyecto

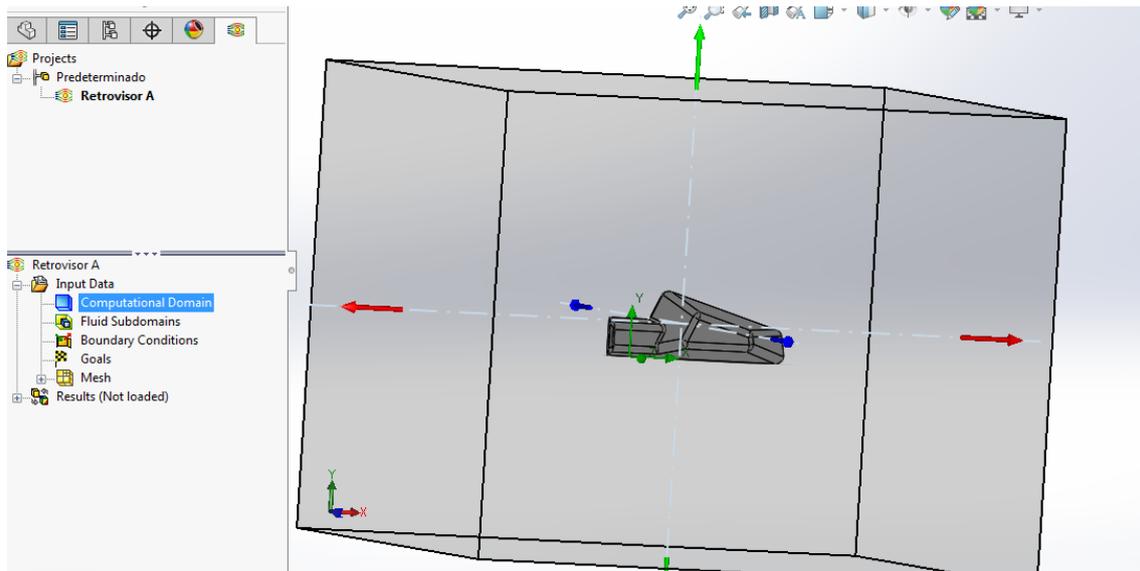


Figura III. 12. Imagen del área de cálculo para la simulación aerodinámica.

Tras delimitar el área de cálculo, se ha de ir a la opción Surface Plot, situada en el árbol desplegable, donde se insertará un nuevo cálculo y en él, se seleccionarán las caras del estudio.

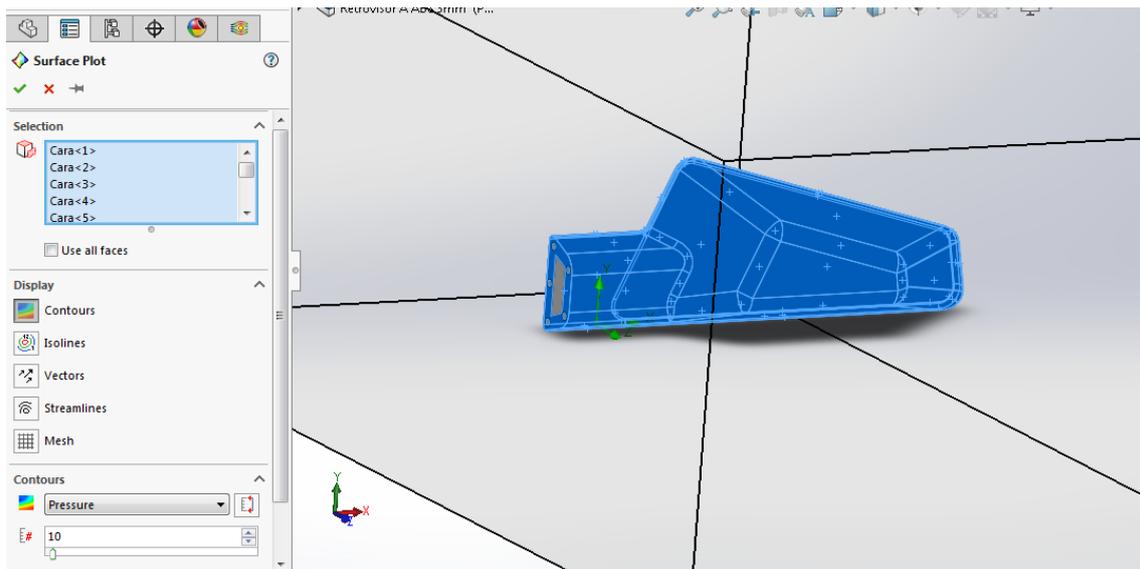


Figura III. 13. Selección de caras objeto de estudio dentro de la opción Surface Plot.

Una vez estén seleccionadas las caras, se procede a ejecutar la simulación, se realiza dando clic en la opción Run situada en la paleta de herramientas de Flow Simulation.

### III. Desarrollo proyecto

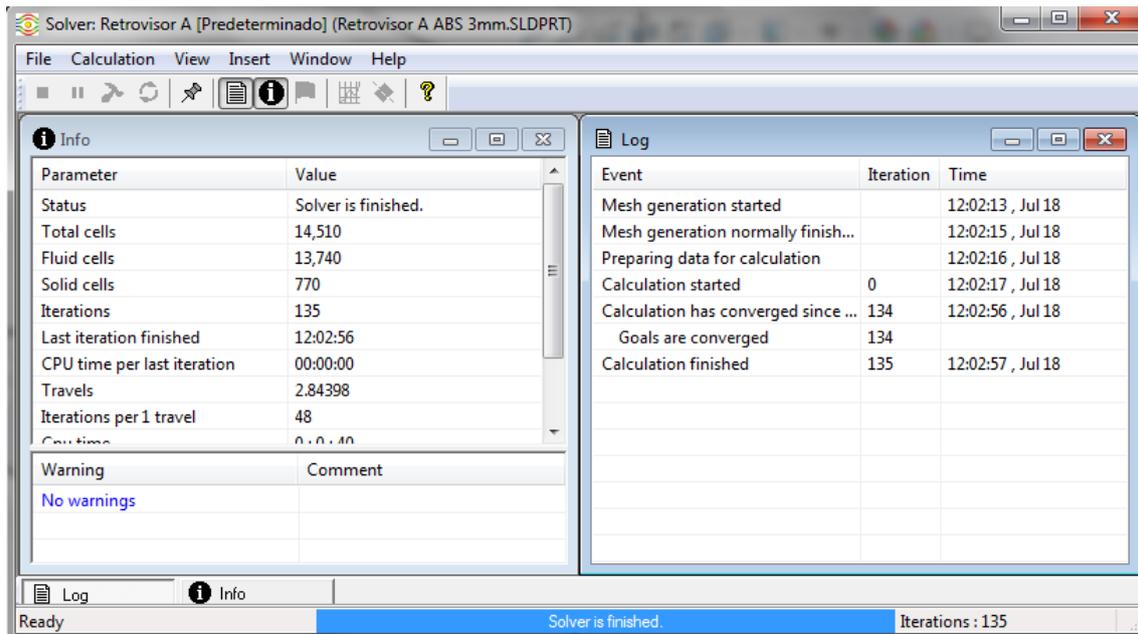


Figura III. 14. Proceso de cálculo del proyecto.

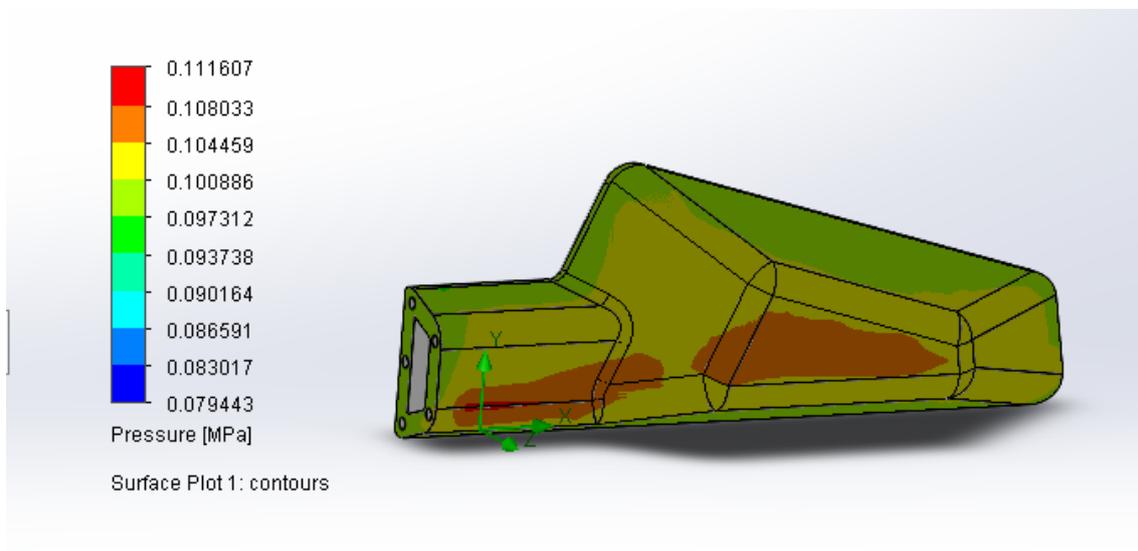


Figura III. 15. Resultado de la presión tras la simulación en el anclaje del retrovisor A.

### III. Desarrollo proyecto

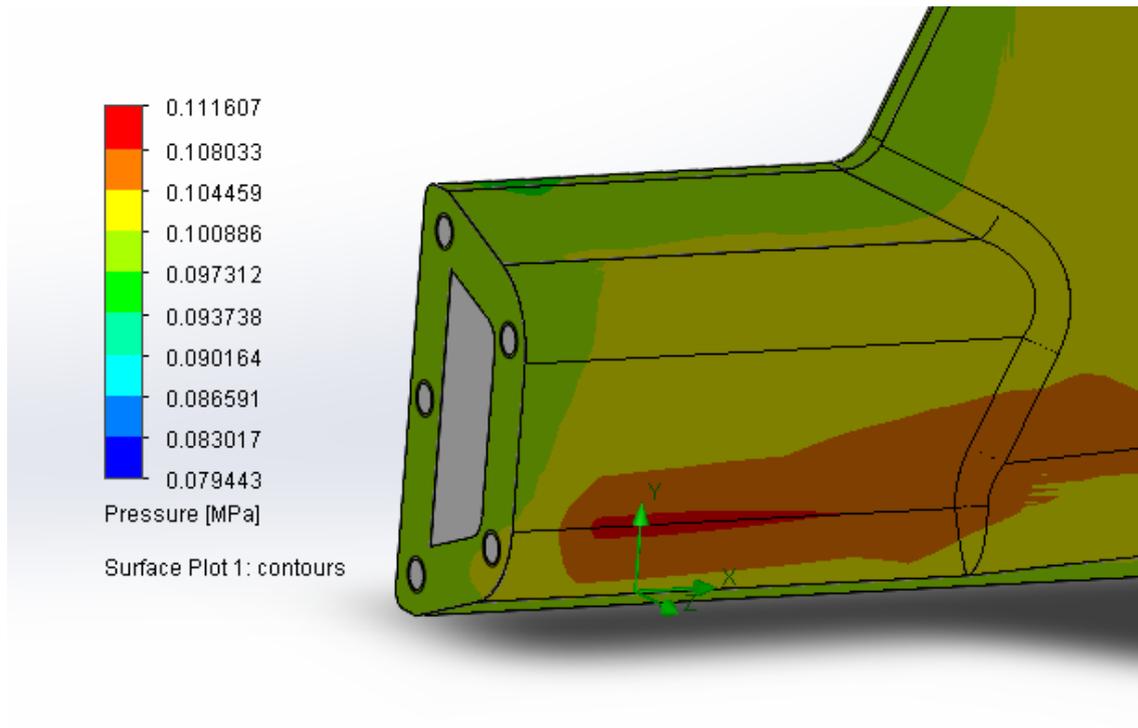


Figura III. 16. Resultado de la presión en el anclaje del retrovisor A.

Para tener una visión más clara del comportamiento del fluido se podrá emplear la opción Flow Trajectories, que se encuentra, como en el caso de Surface Plot, en el árbol desplegable. Al igual que sucede en Surface Plot, para Flow Trajectories se han de seleccionar las caras objeto del estudio.

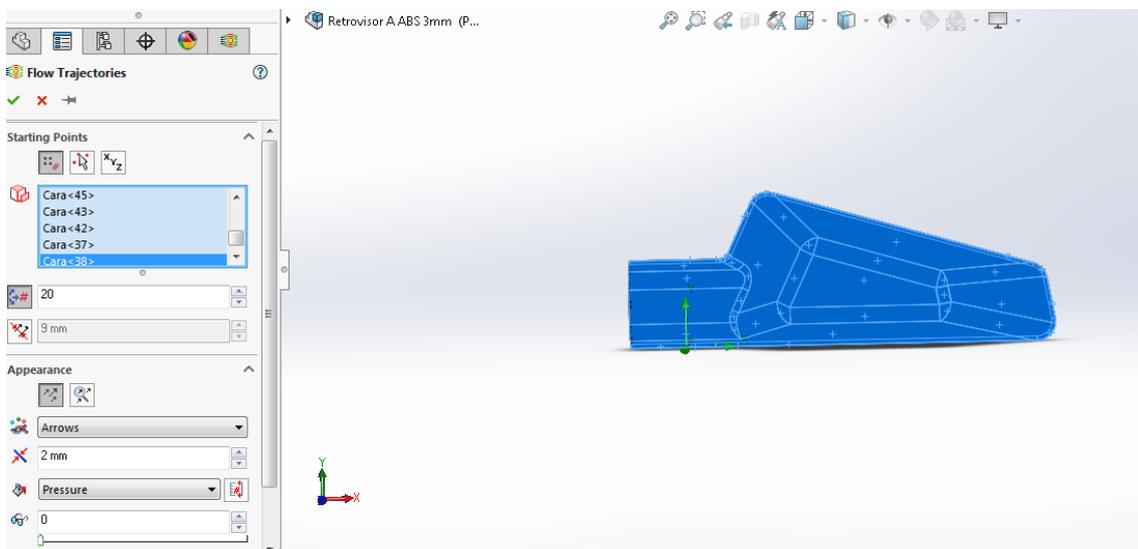


Figura III. 17. Selección de caras objeto de estudio dentro de la opción Flow Trajectories.

### III. Desarrollo proyecto

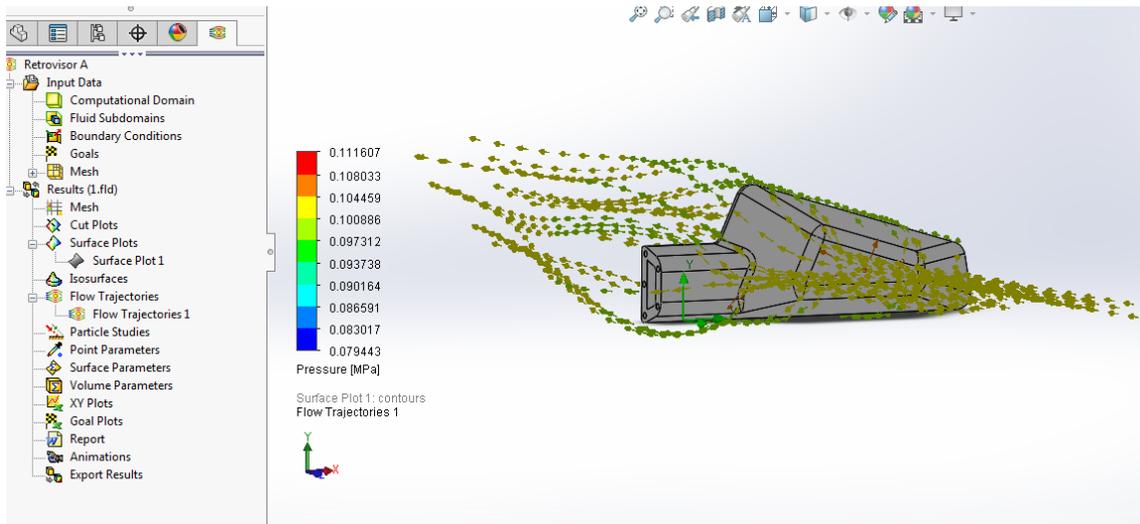


Figura III. 18. Trayectorias y líneas de presión del fluido a través del contorno del Retrovisor A.

Con esta opción de Flow Trajectories no solo se pueden ver las zonas de la incidencia de la presión, sino también una simulación en movimiento de cómo fluye el fluido a través de toda la superficie del prototipo de estudio; asimismo, se podrá exportar un vídeo de este comportamiento, que sería una aproximación a un túnel de viento.

Seguidamente, se mostrarán los resultados obtenidos tras aplicar lo descrito anteriormente para el anclaje del retrovisor A, pero, en este caso, para el anclaje del retrovisor B.

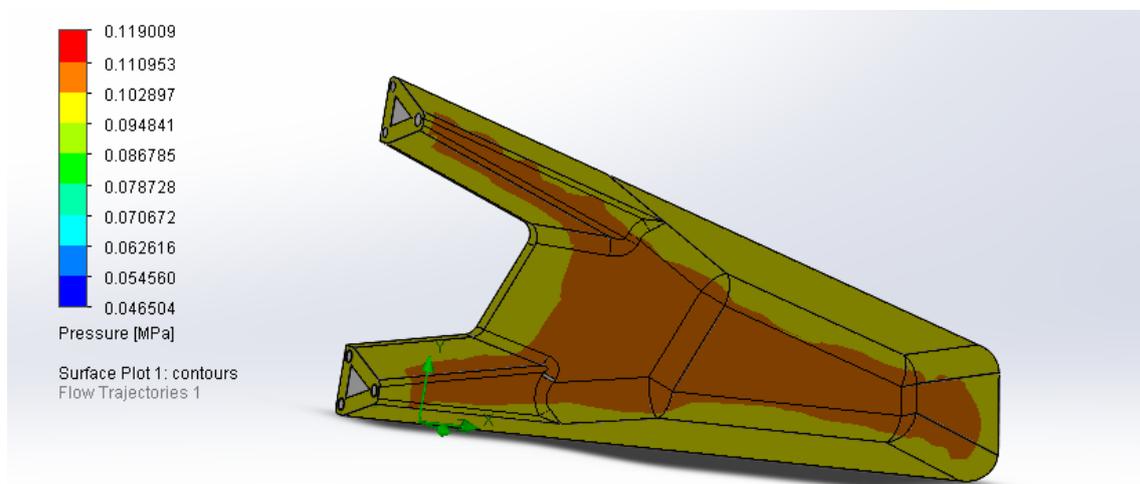
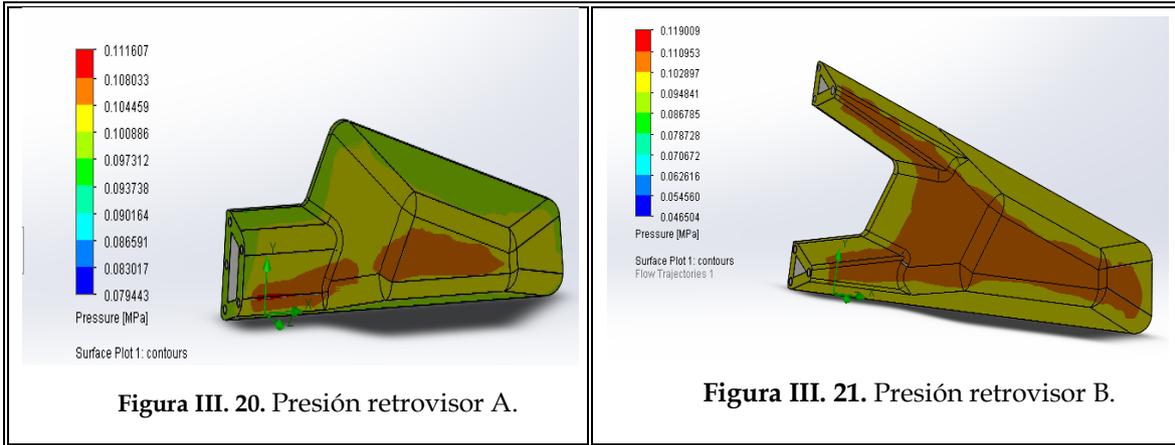


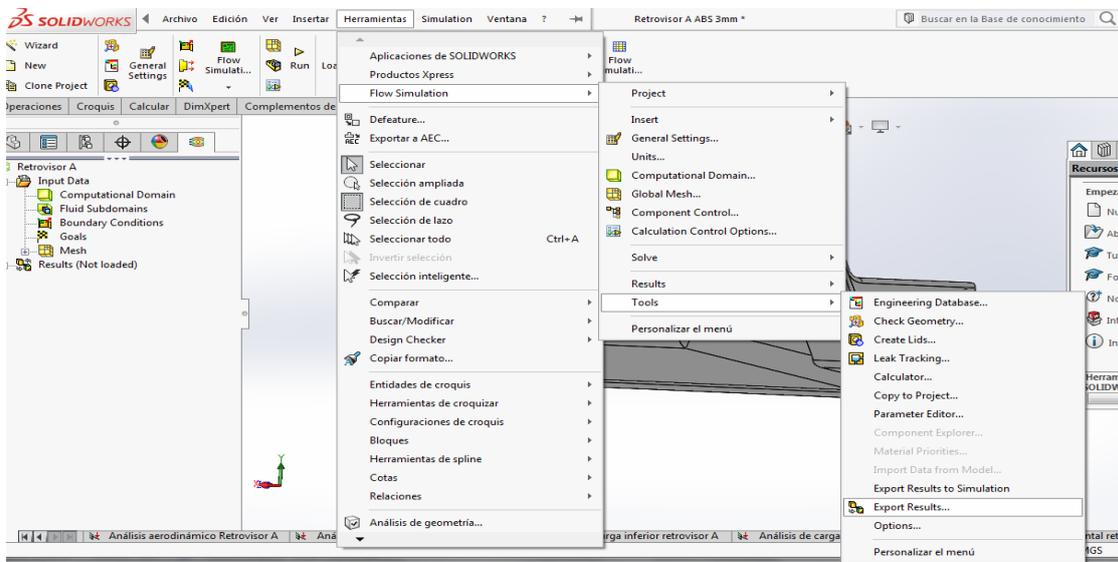
Figura III. 19. Resultado de la presión tras la simulación en el anclaje del retrovisor B.

### III. Desarrollo proyecto



Para finalizar, se procederá a exportar los resultados obtenidos en Flow Simulation para su posterior estudio de simulación en Solid Works, la forma de realizar la carga de estos resultados se describirá en el apartado **III.2.2.4.1. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga aerodinámica**

Para exportar los resultados de Flow Simulation se ha de ir a la pestaña de herramientas, Flow Simulation, Tools y Export Result, esto generará una carpeta con los resultados que, en adelante, se emplearán para realizar las simulaciones.



## III. Desarrollo proyecto

---

### III.2.2.2.2. Hipótesis de carga estática.

En este apartado se someterá cada uno de los diseños de retrovisor a una carga de 40 N, la cuál simula un golpe, un apoyo o cualquier otra carga puntual que difiere de sus condiciones normales de servicio, con lo que se evaluará el comportamiento del anclaje de retrovisor bajo condiciones anómalas de servicio. Para ello, se seleccionarán los siguientes puntos de carga en el retrovisor A y B que, a posteriori, se simularán en el apartado III.2.2.4.2. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga estática.

A continuación, se describen cada uno de las superficies consideradas en el presente proyecto para la aplicación de la carga de 40 N.

1. Carga superior.

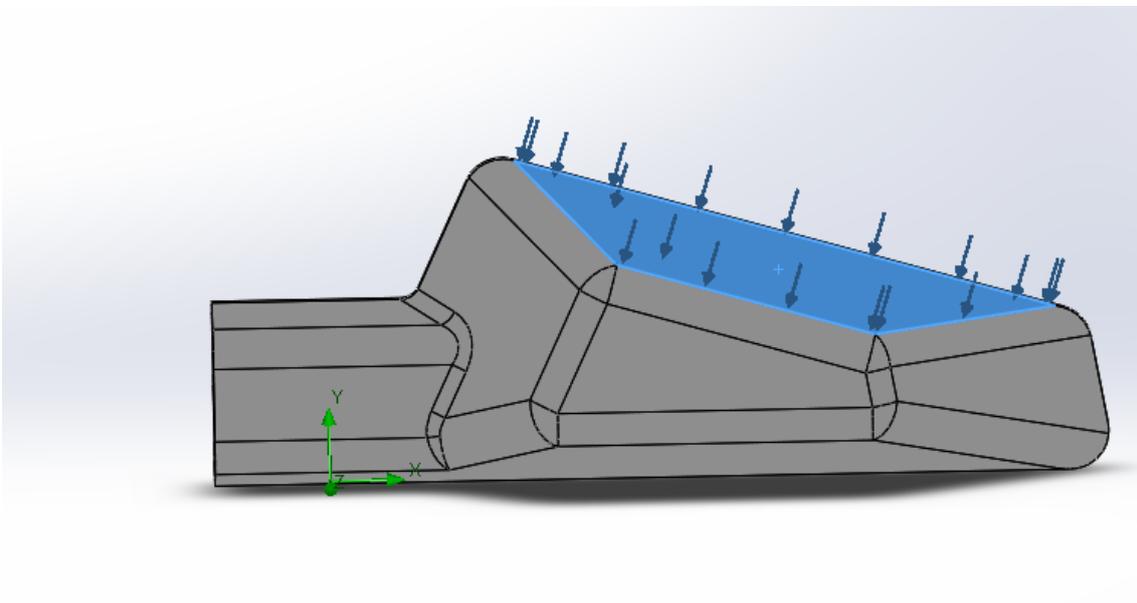


Figura III. 23. Carga de 40N en la parte superior del retrovisor A.

### III. Desarrollo proyecto

---

#### 2. Carga inferior.

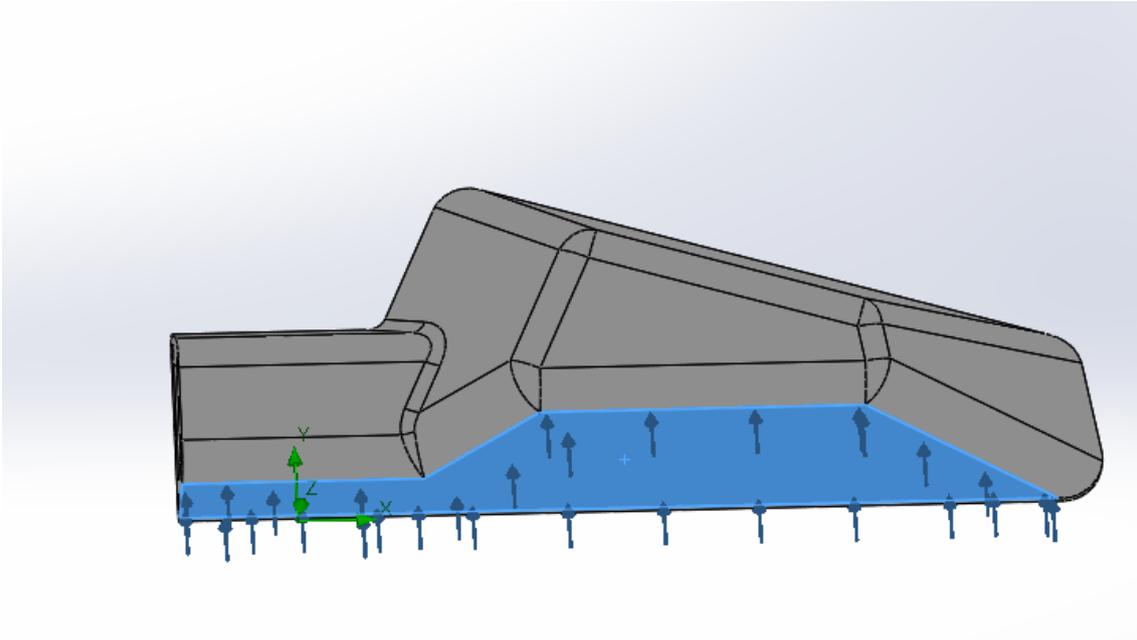


Figura III. 24. Carga de 40N en la parte inferior del retrovisor A.

#### 3. Carga posterior.

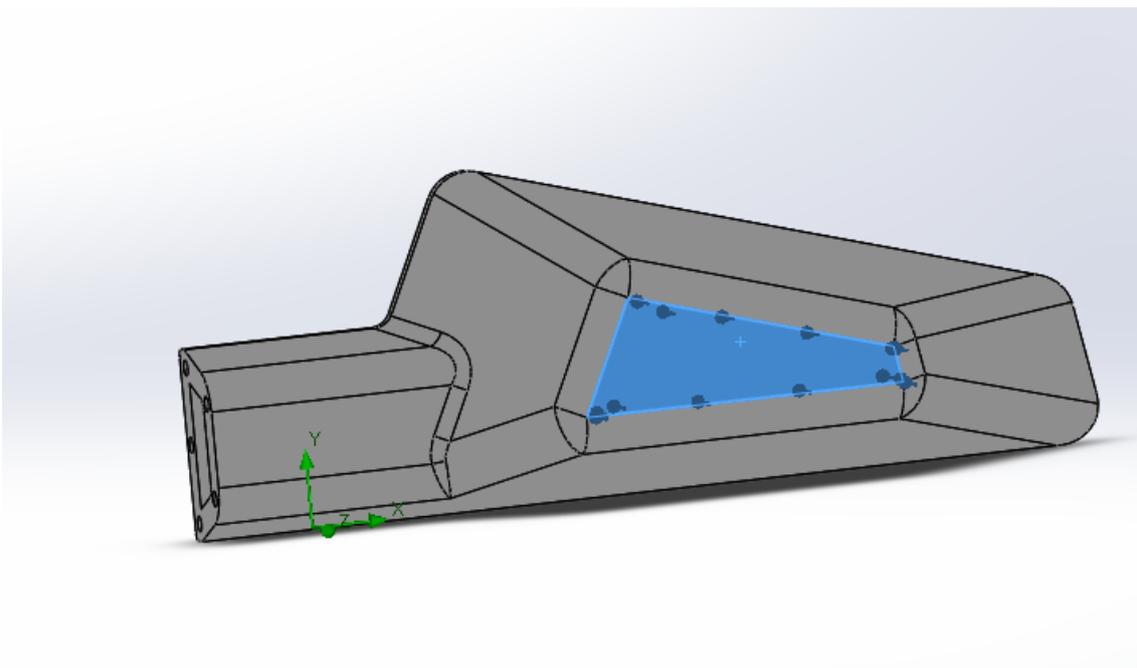


Figura III. 25. Carga de 40N en la parte posterior del retrovisor A.

### III. Desarrollo proyecto

---

#### 4. Carga frontal.

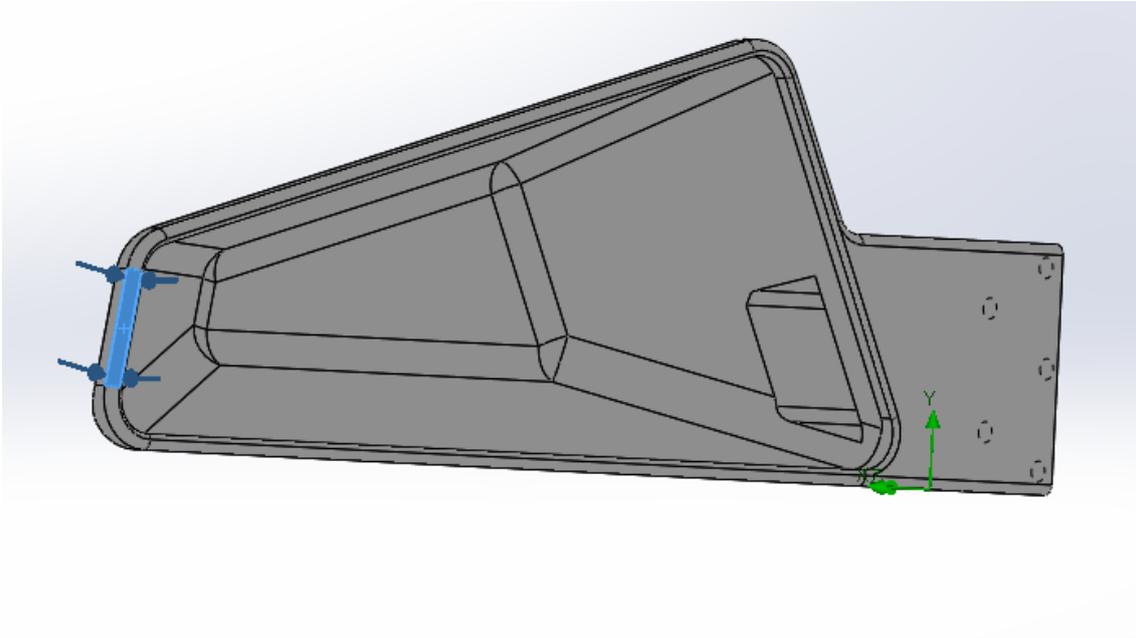


Figura III. 26. Carga de 40N en el borde de la parte frontal del retrovisor A.

Esta misma carga, así como sus disposiciones arriba descritas, se realizará también en el diseño del anclaje del retrovisor B.

#### **III.2.2.3. Mallado/discretización del modelo.**

Previo a la simulación de todo modelo se debe mallar el mismo. En este apartado se mostrará dónde se encuentra la función de mallado, así como, los parámetros de los diferentes tipos de mallados empleados para cada uno de los tipos de anclaje de retrovisor.

La función de mallar se encuentra en el árbol que se generará cuando se crea un nuevo estudio de simulación, dentro de “malla” aparecerá la opción “crear malla”, seleccionando esta se podrá configurar la malla que se considere más adecuada en función de las necesidades y exigencias del diseño.

### III. Desarrollo proyecto

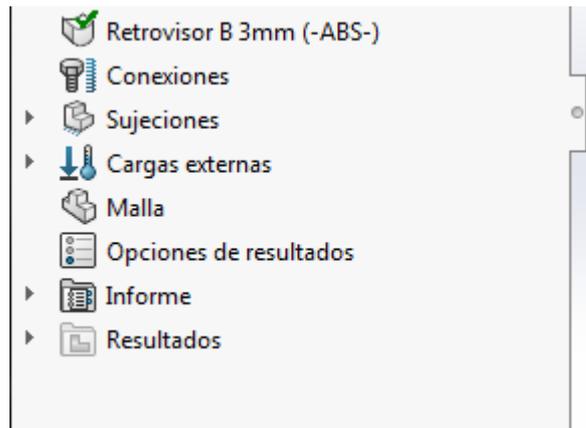


Figura III. 27. Función malla dentro del árbol tras iniciar una nueva simulación.

A continuación, se describe la configuración para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor que son objeto del presente estudio.

Para el anclaje del retrovisor A se empleará una malla muy fina, esta creará unos triángulos de dimensiones de 2,325 mm de lado y una tolerancia de medida de 0,116 mm.

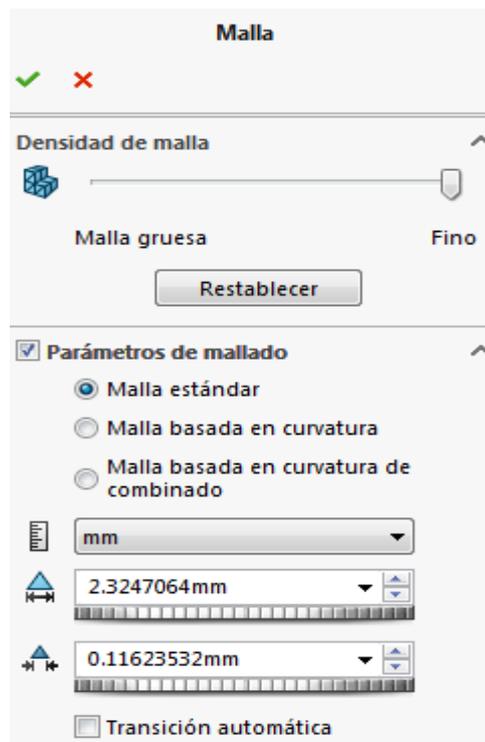


Figura III. 28. Características de la malla y dimensiones de los triángulos de mallado del retrovisor A.

### III. Desarrollo proyecto

Tras configurar la malla se procederá a ejecutar el cálculo, dando como resultado, en este caso, los valores que a continuación se muestran.

| Malla Detalles                                       |   |
|--|---|
| Nombre de estudio                                    | Análisis aerodinámico Retrovisor A (-Predeterminado-) |
| Tipo de malla  | Malla sólida  |
| Mallador utilizado                                   | Malla estándar  |
| Transición automática                                | Desactivar  |
| Incluir bucles automáticos de malla                  | Desactivar  |
| Puntos jacobianos                                    | 4 puntos  |
| Tamaño de elementos                                  | 2.32471 mm  |
| Tolerancia   | 0.116235 mm   |
| Calidad de malla                                     | Elementos cuadráticos de alto orden                   |
| Número total de nodos                                | 100758  |
| Número total de elementos                            | 60329   |
| Cociente de aspecto máximo                           | 9.6903  |
| Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3  | 99.7  |
| Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10 | 0   |
| % de elementos distorsionados (Jacobiano)            | 0   |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)            | 00:00:07  |
| Nombre de computadora                                | USUARIO-PC  |

Figura III. 29. Características de la malla del retrovisor A tras ejecutar el cálculo.

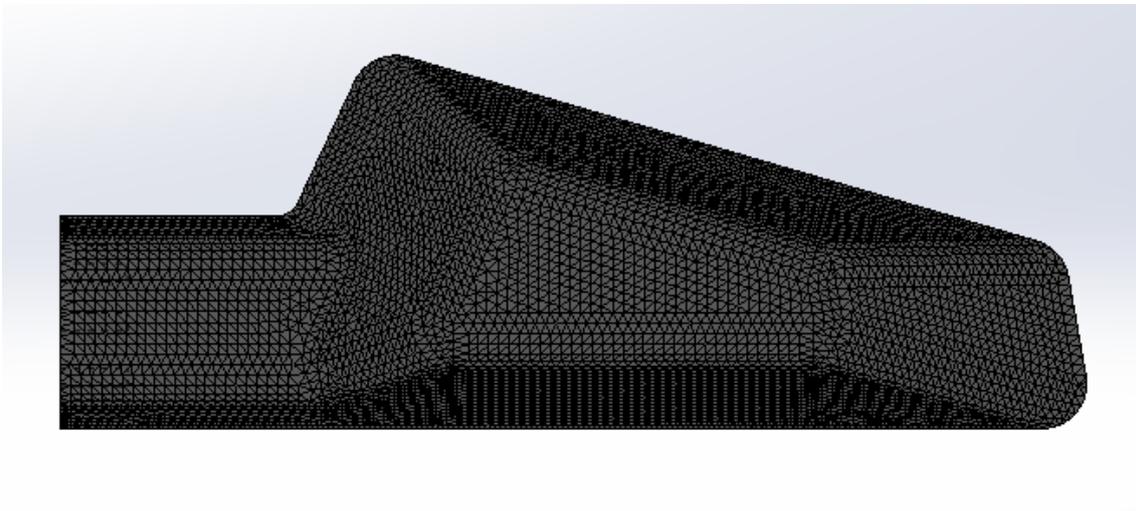


Figura III. 30. Imagen de la malla en el retrovisor A tras ejecutar el cálculo.

### III. Desarrollo proyecto

Seguidamente, se procederá a caracterizar el mallado del anclaje del retrovisor B. En este caso, el tamaño de los triángulos será de 2,425 mm con una tolerancia de 0,121 mm.

| Malla Detalles                                       |   |
|--|---|
| Nombre de estudio                                    | Análisis aerodinámico retrovisor B (-Predeterminado-) |
| Tipo de malla  | Malla sólida  |
| Mallador utilizado                                   | Malla estándar  |
| Transición automática                                | Desactivar  |
| Incluir bucles automáticos de malla                  | Desactivar  |
| Puntos jacobianos                                    | 4 puntos  |
| Tamaño de elementos                                  | 2.4253 mm   |
| Tolerancia   | 0.121265 mm   |
| Calidad de malla                                     | Elementos cuadráticos de alto orden                   |
| Número total de nodos                                | 104730  |
| Número total de elementos                            | 63049   |
| Cociente de aspecto máximo                           | 13.554  |
| Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3  | 99.4  |
| Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10 | 0.0222  |
| % de elementos distorsionados (Jacobiano)            | 0   |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)            | 00:00:06  |
| Nombre de computadora                                | USUARIO-PC  |

Figura III. 31. Características de la malla del retrovisor B tras ejecutar el cálculo.

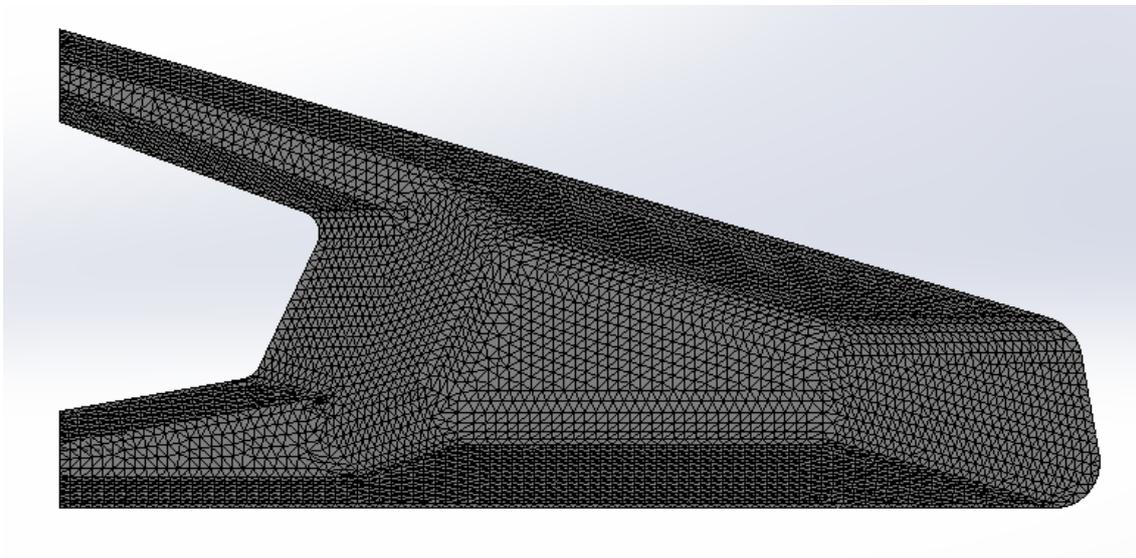


Figura III. 32. Imagen de la malla en el retrovisor B tras ejecutar el cálculo.

## **III. Desarrollo proyecto**

---

### **III.2.2.4. Ejecución de simulaciones, análisis y síntesis de resultados.**

Tras la definición del material y espesores, el tipo de sujeción en cada uno de los anclajes y las hipótesis de carga, tanto aerodinámica como estática, en cada uno de los puntos más representativos de ambos retrovisores, se procederá a lanzar la simulación para cada uno los anclajes objeto de estudio para realizar al análisis y síntesis de los resultados obtenidos. Se empezará por la carga aerodinámica de cada uno de los modelos y, posteriormente, se aplicarán cada una de las cargas estáticas descritas en el punto **III.2.2.2. Hipótesis de carga estática.**

#### **III.2.2.4.1. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga aerodinámica.**

En este apartado se realizará la simulación y síntesis de los resultados obtenidos en ambos anclajes en la hipótesis de carga aerodinámica. Estas cargas, en forma de presión, se habrán conseguido previamente mediante la herramienta de Solid Works Flow Simulation, la obtención de estos datos está ya descrita en el **apartado III.2.2.1. Hipótesis de carga aerodinámica.**

Para realizar una simulación se han de seguir una serie de pasos que se exponen a continuación:

- Ejecutar un nuevo estudio de simulación, en el que se ha de ir introduciendo el tipo de material en el árbol que se genere.
- Definir y situar las fijaciones a emplear en cada uno de los modelos.
- Establecer las características y dimensiones del mallado.
- Introducir las cargas aerodinámicas o estáticas, según corresponda.
- Ejecutar la simulación que proporcionará como resultado las tensiones y deformaciones que se producirán en el modelo simulado.

Se procede a la explicación gráfica del proceso anteriormente mencionado.

En primer lugar, se introduce el material, en el caso del presente proyecto se empleará ABS.

### III. Desarrollo proyecto

---

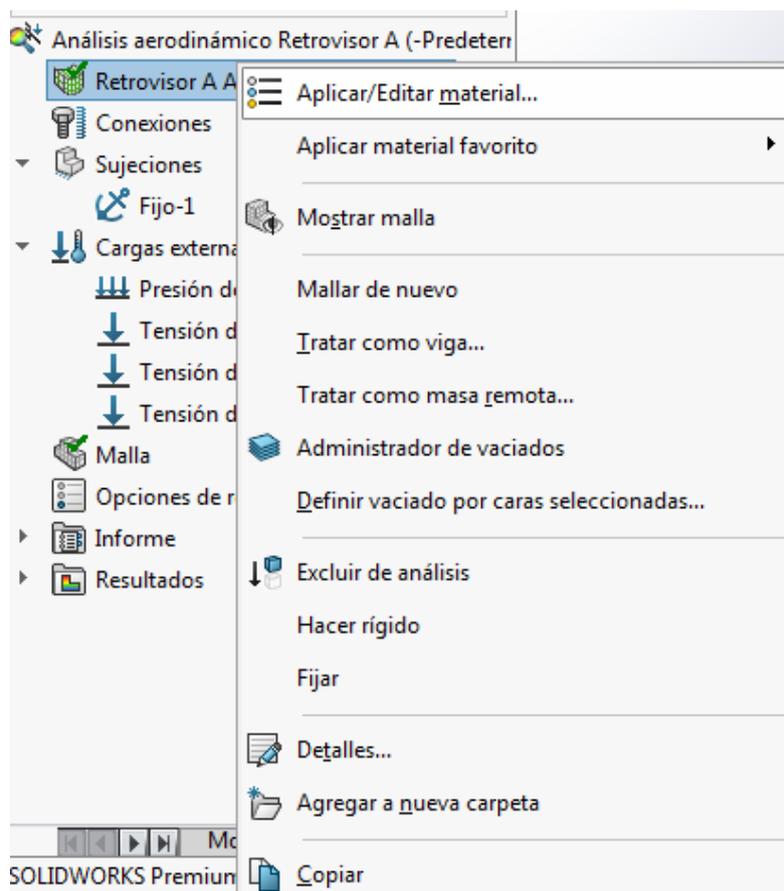


Figura III. 33. Aplicación de material ABS al anclaje de retrovisor A.

Una vez introducido el material, se procede a configurar las sujeciones o anclajes, en este caso, las ya descritas en el apartado **III.2.2.1. Sujeciones y anclajes**.

### III. Desarrollo proyecto

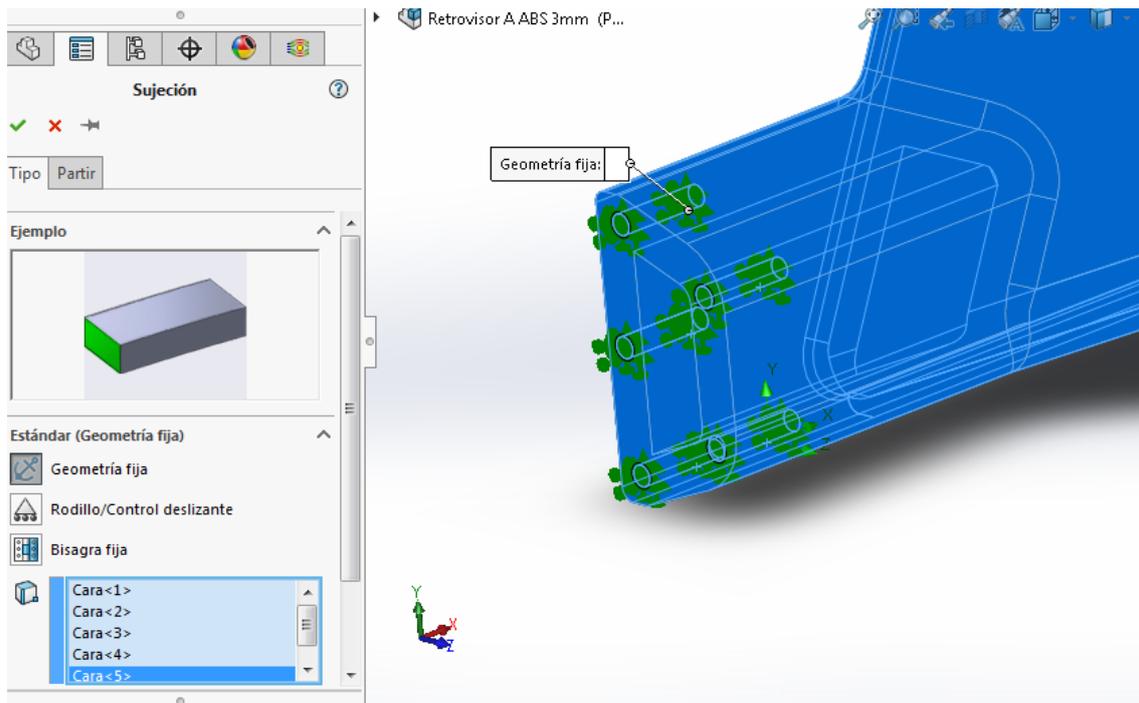


Figura III. 34. Configuración para la sujeción anclaje del retrovisor A.

Seguidamente, se procederá a definir las características del mallado, este proceso está descrito en el apartado III.2.2.3. **Mallado/discretización del modelo.**

A continuación, se añadirán las cargas a aplicar al modelo, en el caso estudiado, los datos serán obtenidos a partir de la herramienta Flow Simulation.

Para la carga de datos se procederá de la siguiente manera:

Dentro de la pestaña “Cargas externas”, se seleccionará “efectos del flujo”, en esta, se marcará la pestaña “Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation”, una vez esté marcada la pestaña, se tendrá que buscar y cargar la carpeta que previamente se generó y guardó en el apartado III.2.2.2.1. **Hipótesis de carga aerodinámica**, con estos datos cargados, ya se tiene todo para poder realizar la simulación.

### III. Desarrollo proyecto

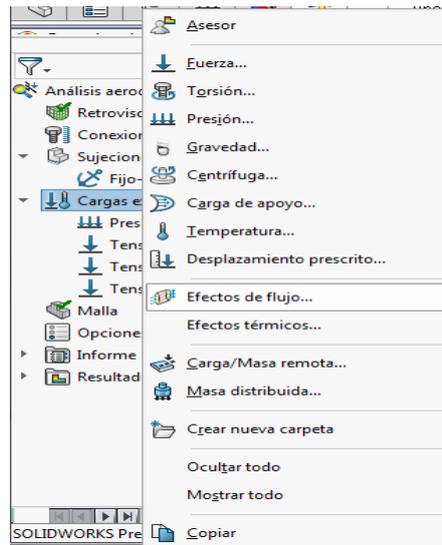


Figura III. 35. Imagen que muestra la opción para añadir la carga de la presión del flujo del viento para el anclaje del retrovisor A.

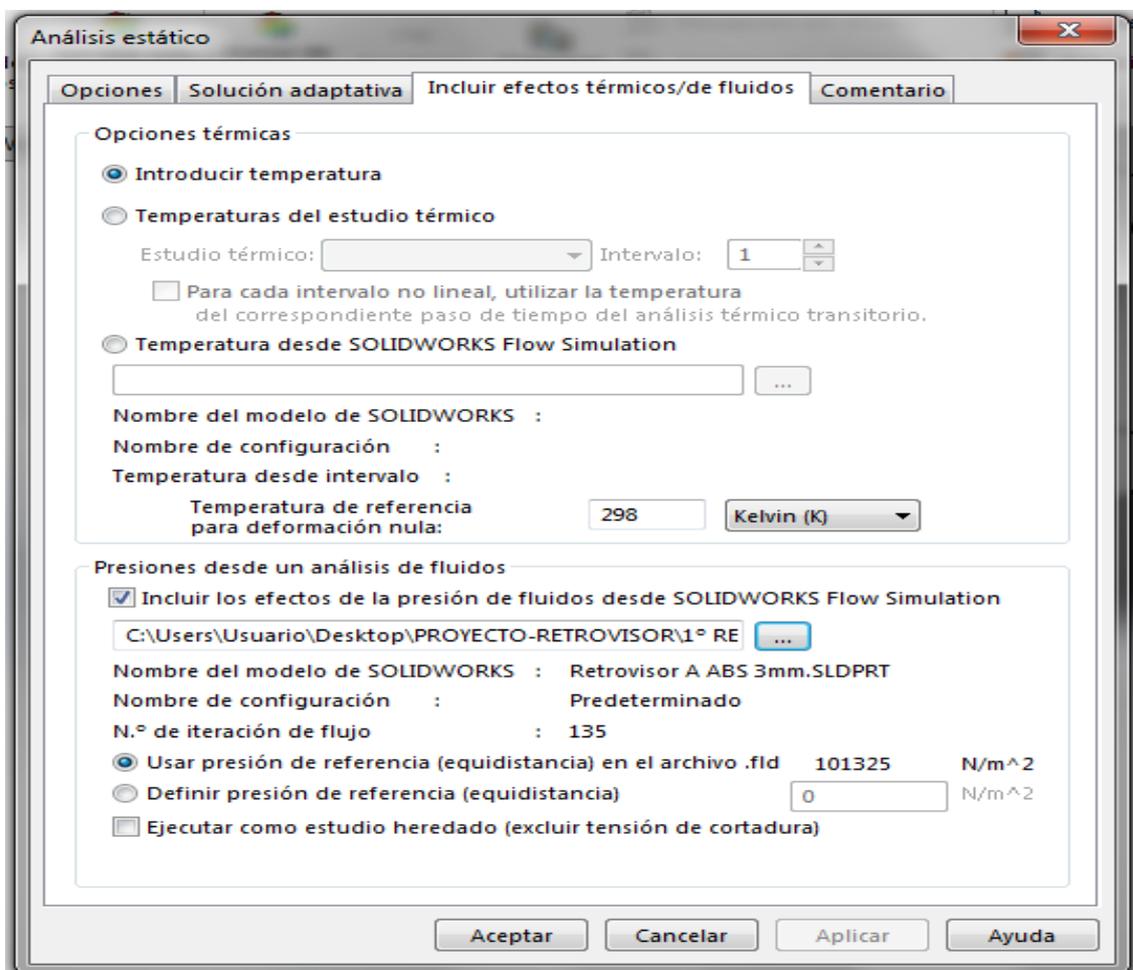
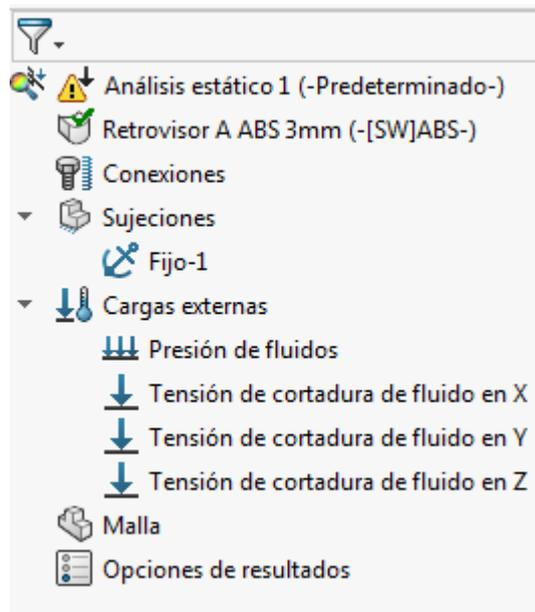


Figura III. 36. Pestaña para incluir resultados de los efectos del flujo del viento exportados de la herramienta Flow Simulation para el anclaje del retrovisor A.

### III. Desarrollo proyecto

---



**Figura III. 37.** Verificación de la carga de los datos de presión exportada desde Flow Simulation para el anclaje del retrovisor A.

Una vez queden definidos y cargados todos los datos anteriormente mencionados, se procederá a lanzar la simulación.

La simulación proporcionará los valores de tensión y deformación para cada uno de los anclajes de retrovisor, que darán una visión aproximada del comportamiento de los mismos.

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos de tensión y deformación que provocará la presión del viento sobre el anclaje del retrovisor A tras lanzar la simulación de carga aerodinámica.

### III. Desarrollo proyecto

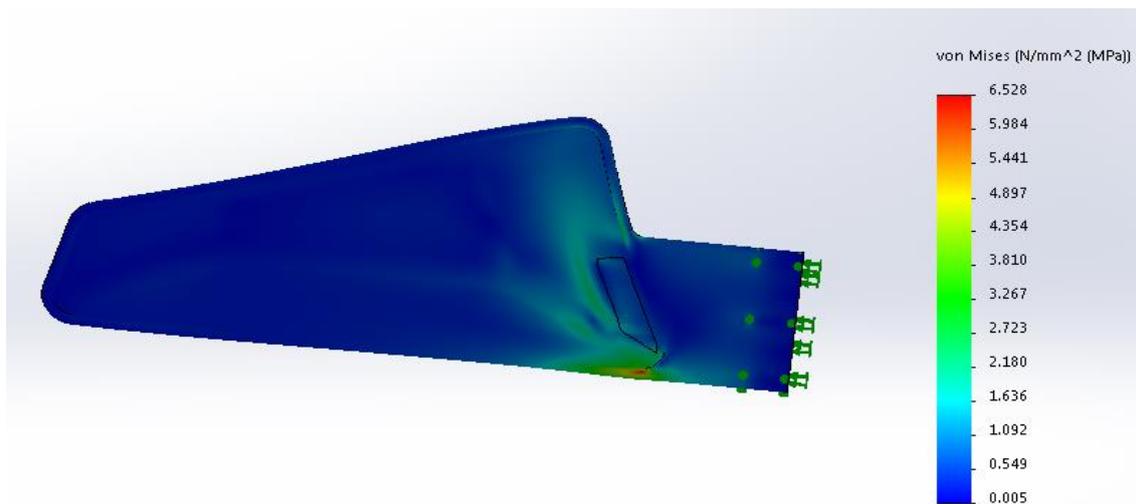


Figura III. 38. Vista frontal del anclaje del retrovisor A junto con la escala de tensión soportada por el mismo.

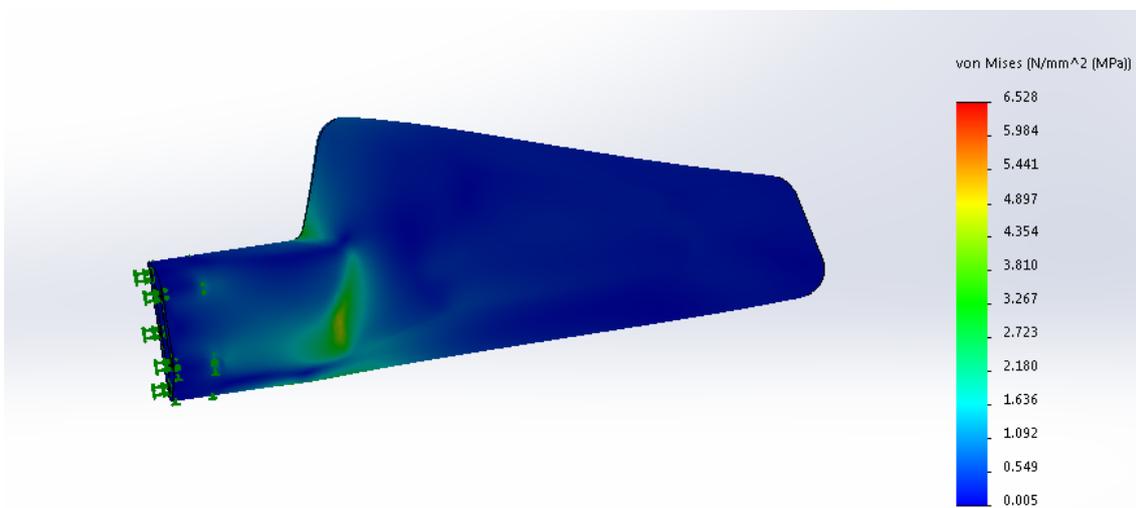


Figura III. 39. Vista posterior del anclaje del retrovisor A junto con la escala de tensión soportada por el mismo.

### III. Desarrollo proyecto

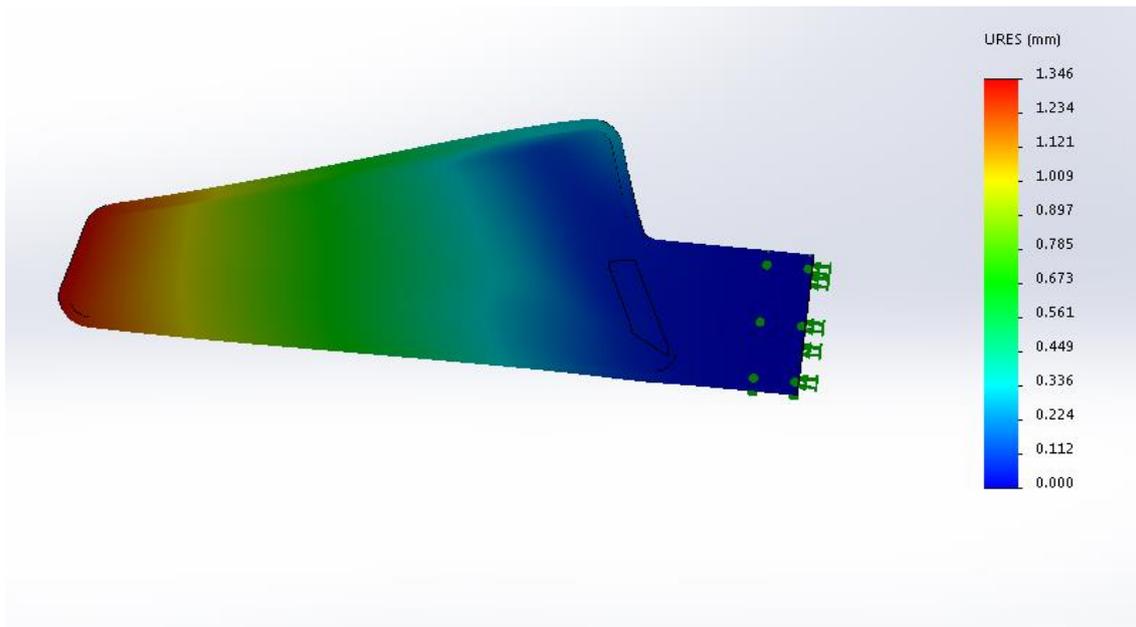


Figura III. 40. Vista frontal del anclaje del retrovisor A junto con la escala de deformación producida en el mismo.

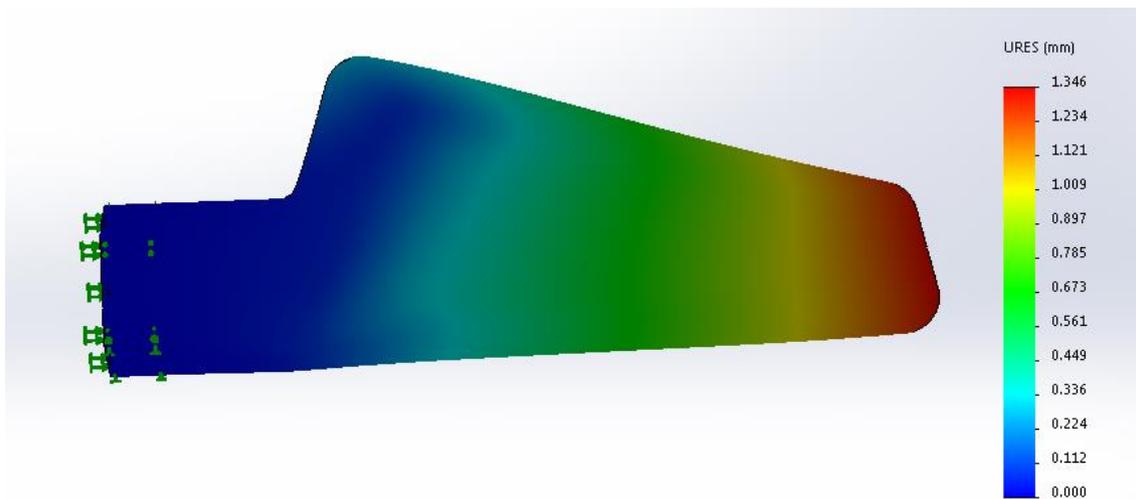


Figura III. 41. Vista posterior del anclaje del retrovisor A junto con la escala de deformación producida en el mismo.

En las imágenes arriba mostradas se puede observar que las tensiones máximas se dan en la parte inferior y superior donde confluye el anclaje con el cuerpo del retrovisor, obteniéndose la tensión máxima de 6,528 MPa en el borde inferior del anclaje como se observa en la Figura III. 38.

Con respecto a las deformaciones se observa que, la máxima deformación se produce en el punto más alejado del anclaje, siendo esta de 1,346 mm.

### III. Desarrollo proyecto

Tras el análisis del anclaje del retrovisor A, se procederá a realizar el mismo procedimiento en el anclaje del retrovisor B. Los resultados obtenidos de la simulación, en este caso, se exponen a continuación.

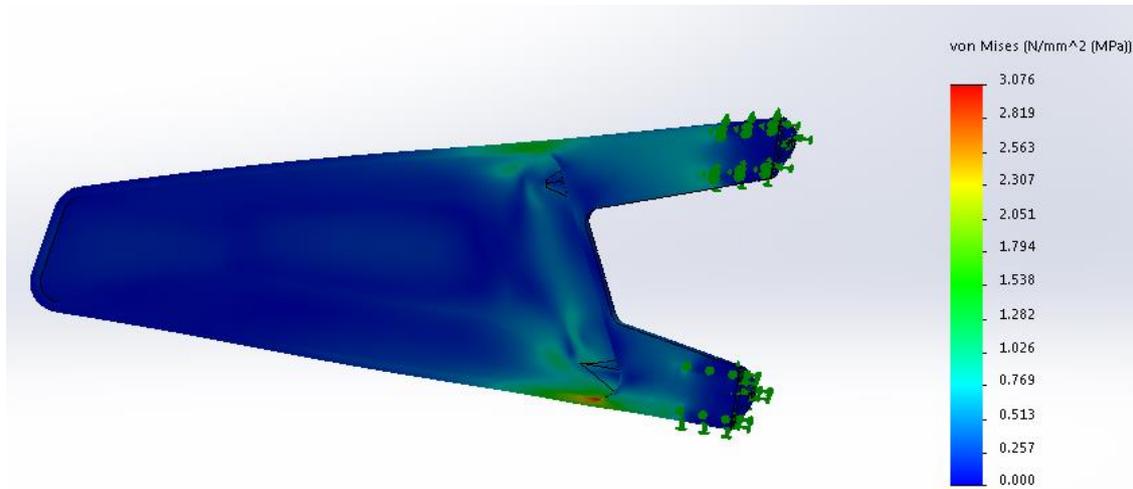


Figura III. 42. Vista frontal del anclaje del retrovisor B junto con la escala de tensión soportada por el mismo.

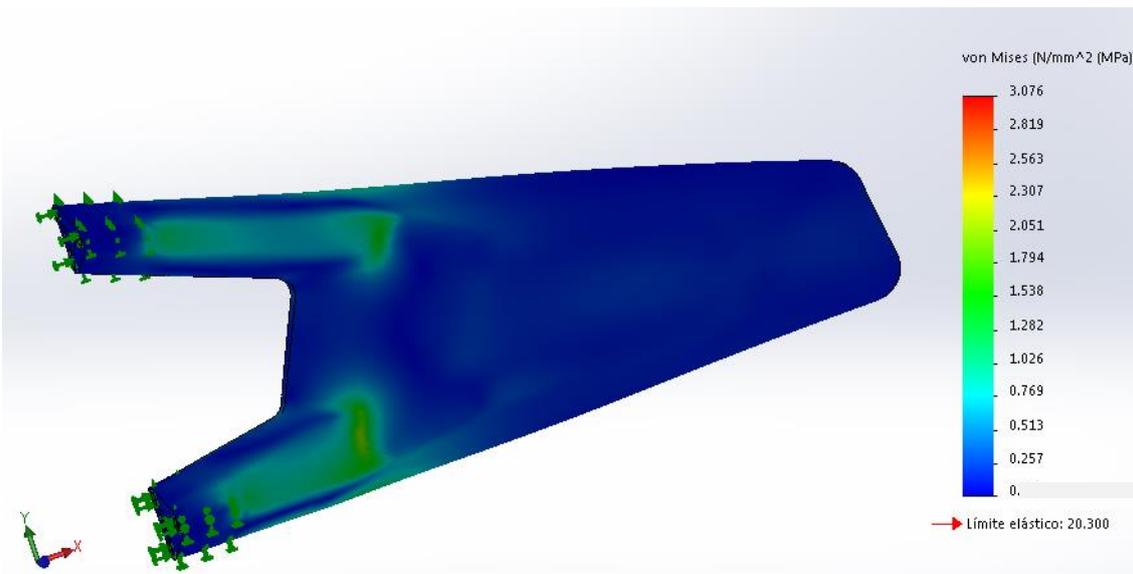


Figura III. 43. Vista posterior del anclaje del retrovisor B junto con la escala de tensión soportada por el mismo.

### III. Desarrollo proyecto

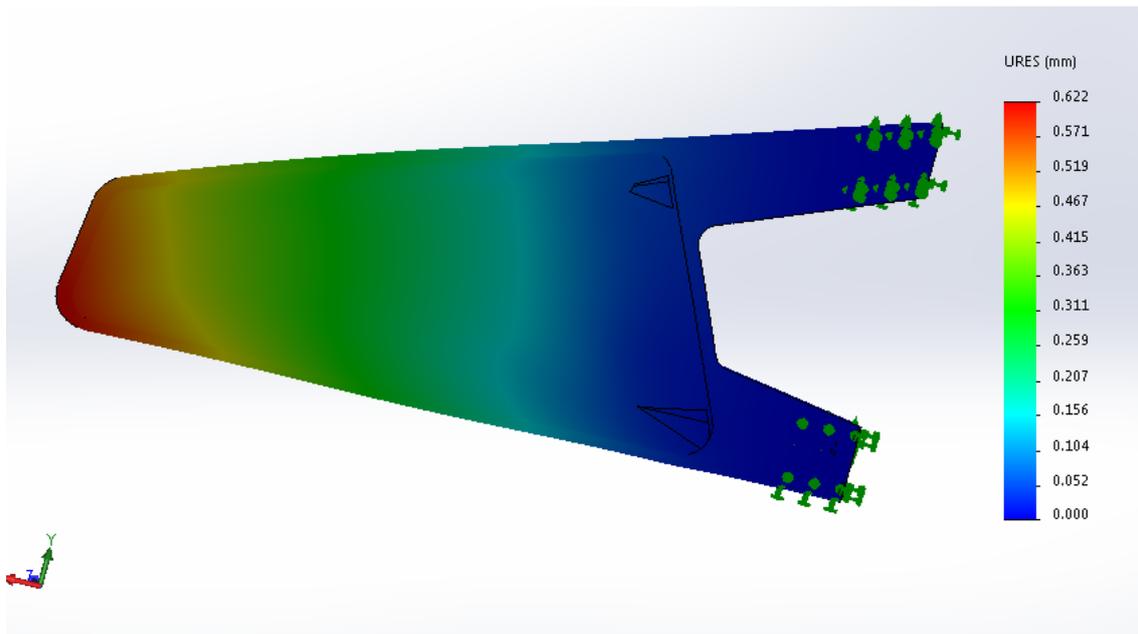


Figura III. 44. Vista frontal del anclaje del retrovisor B junto con la escala de deformación producida en el mismo.

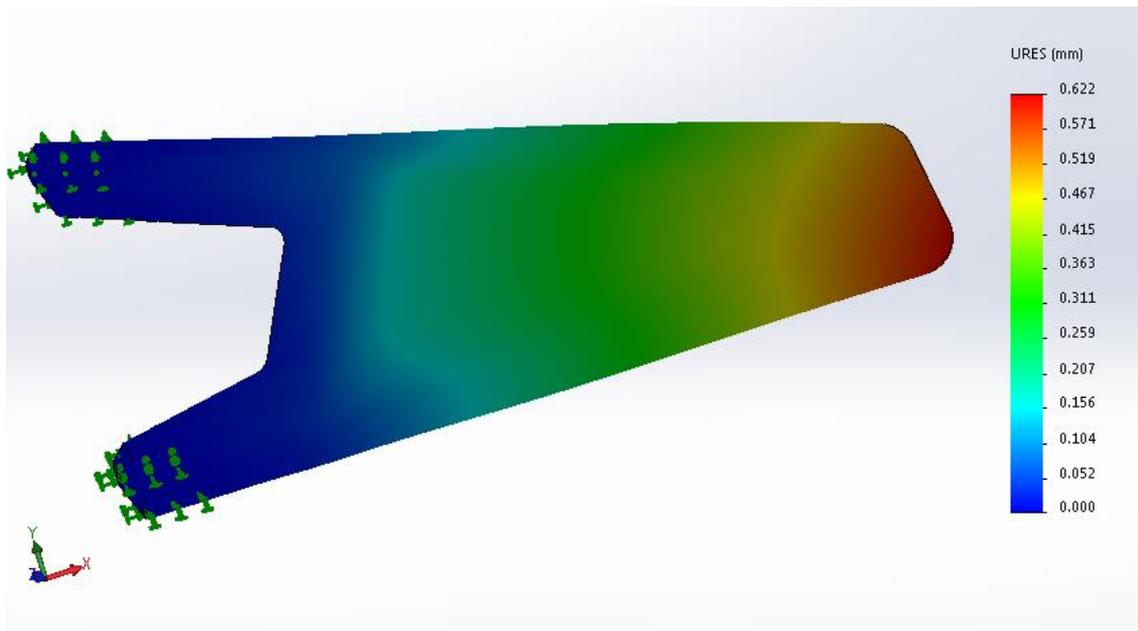


Figura III. 45. Vista posterior del anclaje del retrovisor B junto con la escala de deformación producida en el mismo.

Se observa que, las tensiones máximas se dan en la parte inferior y superior de ambas fijaciones, en los puntos donde confluyen los anclajes con el cuerpo del retrovisor, siendo la máxima de 3,076 MPa que, al igual que sucede en el anclaje del

### III. Desarrollo proyecto

---

retrovisor A, se da en el borde inferior del anclaje, tal y como se puede observar en la vista frontal arriba mostrada.

Con respecto a las deformaciones, se puede observar que, al igual que en el caso del anclaje del retrovisor A, la máxima deformación se produce en el punto más alejado del anclaje, con una deformación máxima de 0,622 mm.

Como conclusión a lo anteriormente expuesto, se puede decir que las tensiones y deformaciones producidas por una carga aerodinámica generada por la acción del viento a 300 Km/h, son menores en el anclaje del retrovisor B. Por tanto, se deduce que el comportamiento de este retrovisor será mejor que el del retrovisor A, ya que en el caso del anclaje B, se facilita el flujo de aire a su través reduciendo las zonas de depresión, turbulencias, tensiones y deformaciones, obteniéndose, así, una reducción de la tensión y deformación de más del doble, como se puede observar en la tabla III.7.

| Tipo de anclaje      | Tensión máxima en MPa | Deformación máxima en mm |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Anclaje retrovisor A | 6,53 MPa              | 1,35 mm                  |
| Anclaje retrovisor B | 2,08 MPa              | 0,62 mm                  |

Tabla III. 7. Tabla comparativa de tensión y deformación máxima bajo cargas aerodinámicas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.

| % De mejora de B respecto a A |                       |                          |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Tipo de carga                 | Tensión máxima en MPa | Deformación máxima en mm |
| Aerodinámica                  | 68%                   | 53%                      |

Tabla III. 8. Tabla comparativa de la mejora porcentual de tensión y deformación máxima bajo cargas aerodinámicas del anclaje B con respecto al anclaje A.

#### III.2.2.4.2. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga estática.

En este punto se procederá a la simulación de la segunda hipótesis, en este caso, corresponde a cargas estáticas repartidas por distintos puntos del retrovisor, estos

### **III. Desarrollo proyecto**

---

puntos así como la carga, están definidos previamente en el apartado **III.2.2.2.2. Hipótesis de carga estática.**

Se somete cada uno de los diseños de retrovisor a una carga de 40N, que simulará un golpe, un apoyo o cualquier otra carga puntual que difiera de sus condiciones normales de servicio. Mediante la simulación se podrá observar el comportamiento del anclaje del retrovisor bajo condiciones anómalas de servicio, con lo que se podrán evaluar los resultados obtenidos de tensión y deformación para cada uno de los modelos de anclaje, así como el comportamiento en ellos cuando se aplican estas cargas en distintos puntos.

A continuación, se describe con más detalle la simulación del primer supuesto para una carga de 40N en el anclaje del retrovisor A, en la parte superior del mismo. Esta descripción no será necesaria para los siguientes supuestos del anclaje del retrovisor A ni del anclaje del retrovisor B, únicamente, se mostrarán los resultados de tensión y deformación de cada una de la aplicación de cargas.

Previo a la simulación de carga, se deben establecer los parámetros de la simulación, estos continuarán con la línea seguida en el apartado **III.2.2.4.1. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga aerodinámica**, a excepción de la introducción de las cargas que, en este caso, serán estáticas.

Los puntos citados para establecer los parámetros de la simulación son los siguientes.

- Ejecutar un nuevo estudio de simulación, en el que se ha de ir introduciendo el tipo de material en el árbol que se genere.
- Definir y situar las fijaciones a emplear en cada uno de los modelos.
- Establecer las características y dimensiones del mallado.
- Introducir las cargas aerodinámicas o estáticas, según corresponda.
- Ejecutar la simulación que proporcionará como resultado las tensiones y deformaciones que se producirán en el modelo simulado.

### III. Desarrollo proyecto

Para este caso, la introducción de las cargas se realizará en la pestaña de fuerza.

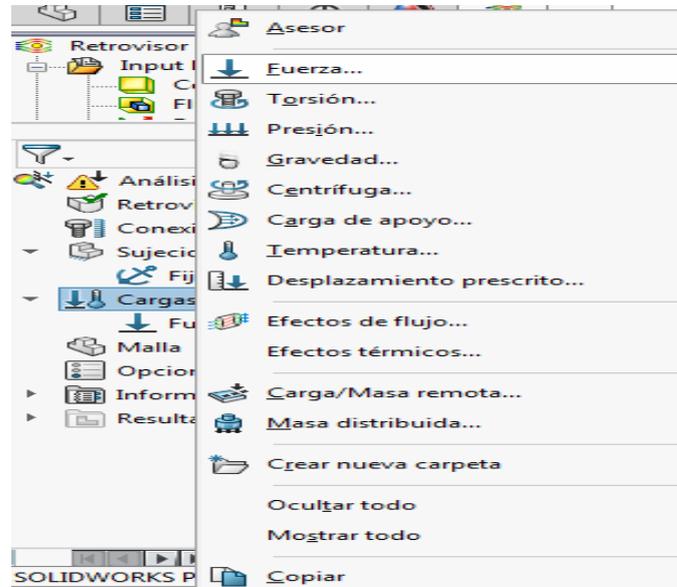


Figura III. 46. Pestaña de carga de fuerza para introducir la carga de 40N.

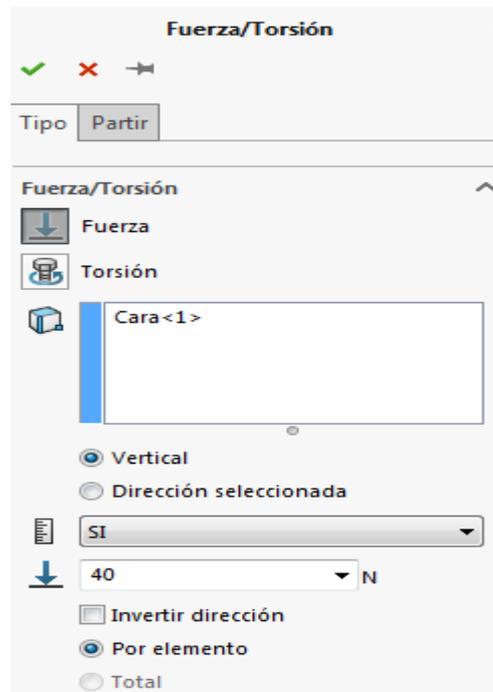
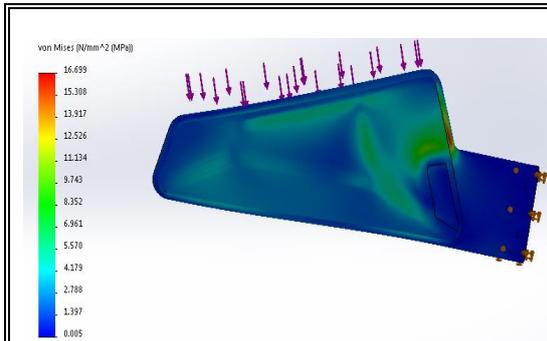


Figura III. 47. Pestaña de introducción de carga y superficie para realizar la simulación.

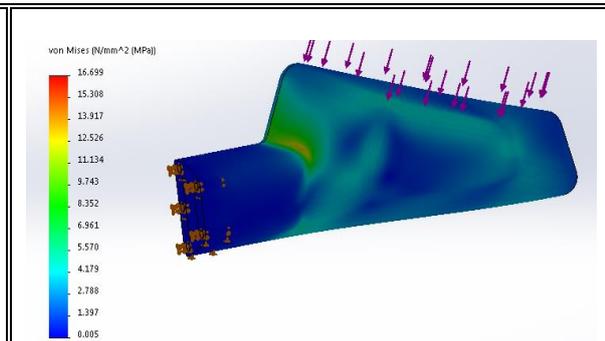
Una vez introducida la fuerza, se procederá a la simulación, que arrojará los siguientes resultados.

### III. Desarrollo proyecto

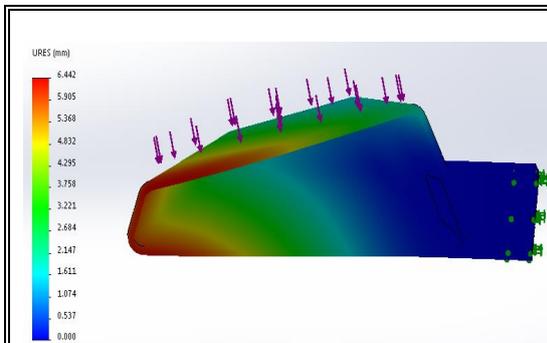
#### Carga superior.



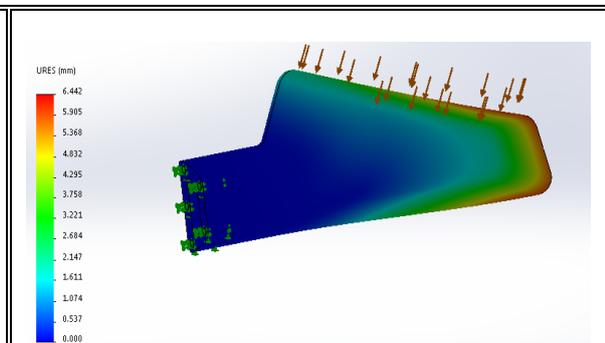
**Figura III. 48.** Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.



**Figura III. 49.** Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.



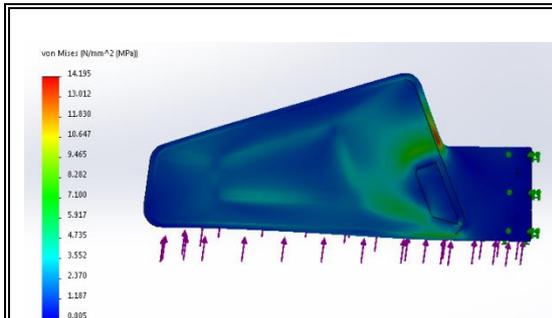
**Figura III. 50.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.



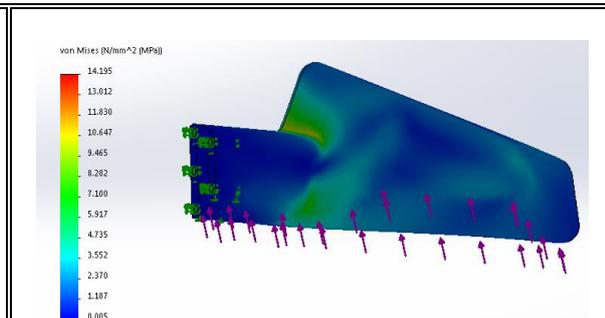
**Figura III. 51.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.

### III. Desarrollo proyecto

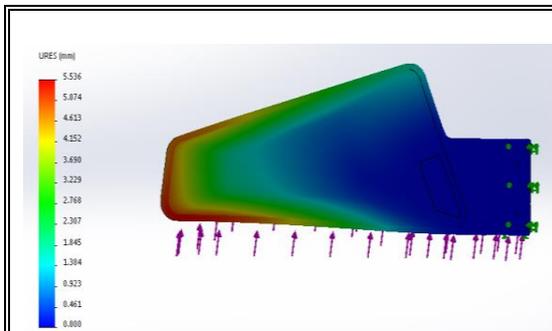
#### Carga inferior.



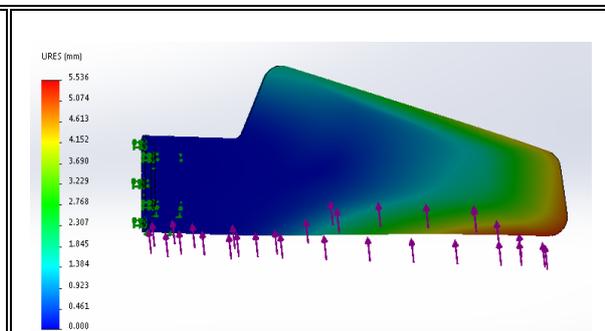
**Figura III. 52.** Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.



**Figura III. 53.** Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.



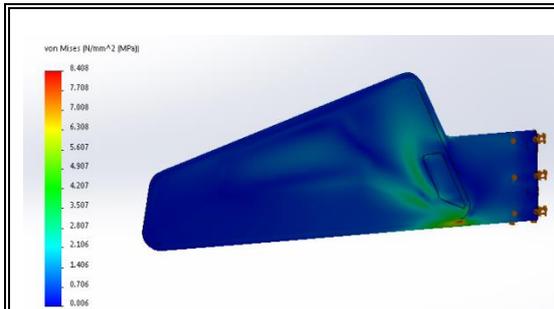
**Figura III. 54.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.



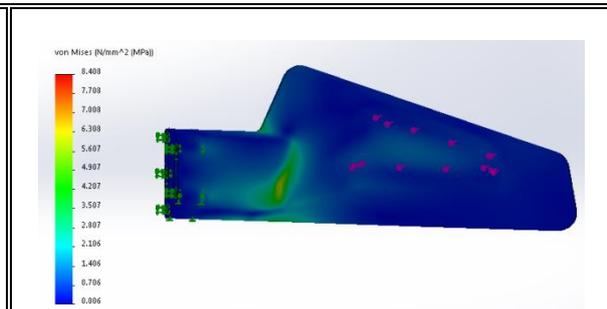
**Figura III. 55.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.

### III. Desarrollo proyecto

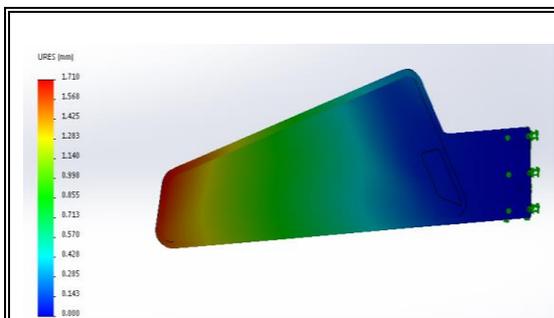
#### Carga posterior.



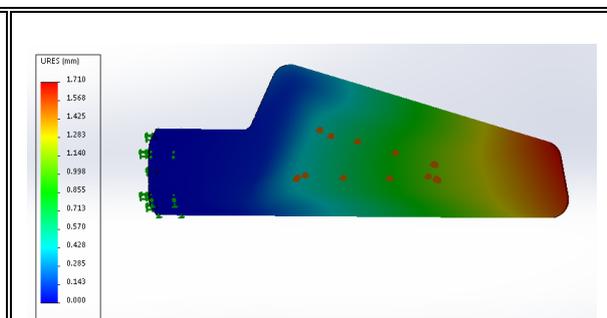
**Figura III. 56.** Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.



**Figura III. 57.** Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.



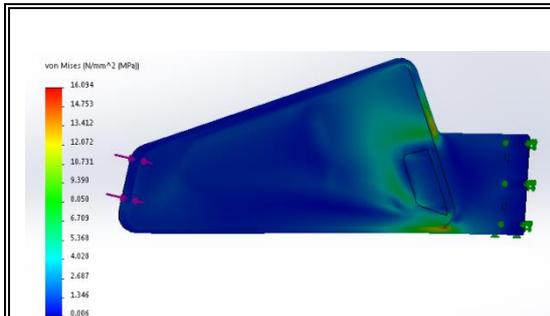
**Figura III. 58.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.



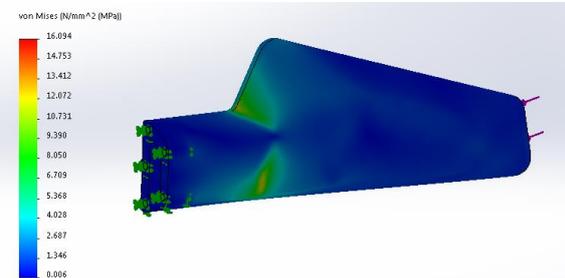
**Figura III. 59.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.

### III. Desarrollo proyecto

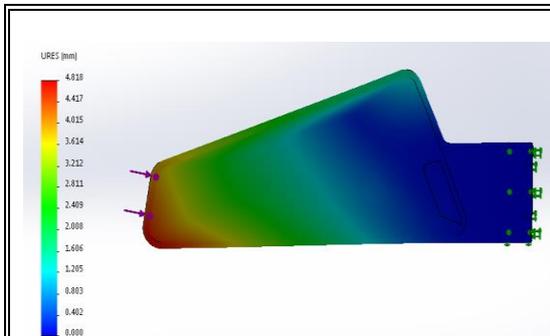
#### Carga frontal.



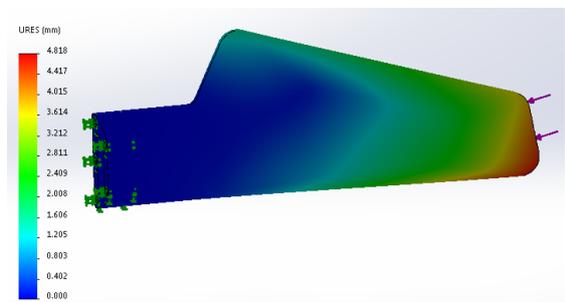
**Figura III. 60.** Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.



**Figura III. 61.** Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.



**Figura III. 62.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.



**Figura III. 63.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor A tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.

Tras la simulación y colocación de cada una de las cargas, se muestra una tabla de resultados comparativa con las tensiones y deformaciones de cada una de ellas.

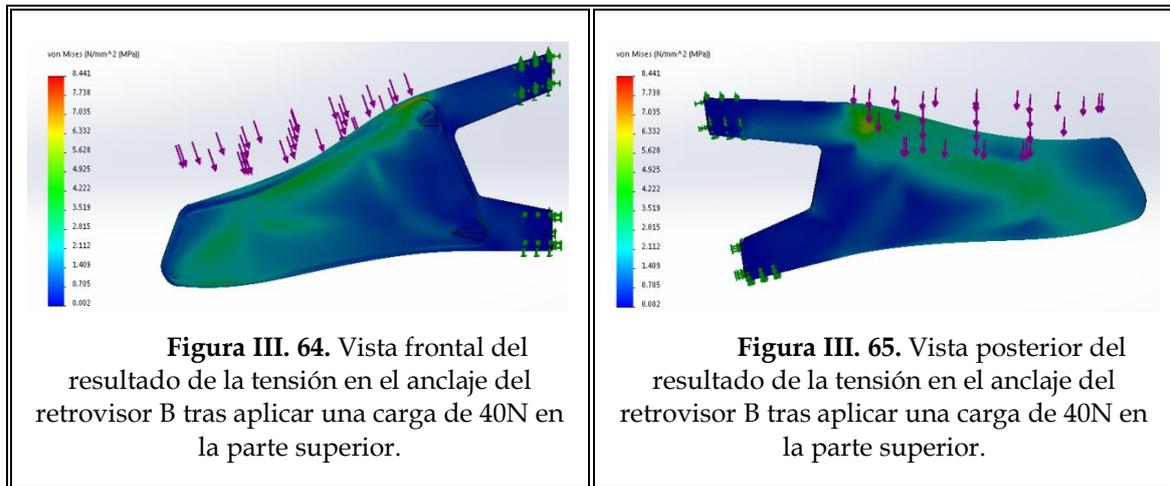
### III. Desarrollo proyecto

| Posición de la carga de 40N | Tensión Máxima (MPa) | Deformación Máxima (mm) |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|
| Superior                    | 16,70 MPa            | 6,44 mm                 |
| Inferior                    | 14,20 MPa            | 5,54 mm                 |
| Posterior                   | 8,41 MPa             | 1,71 mm                 |
| Frontal                     | 16,09 MPa            | 4,82 mm                 |

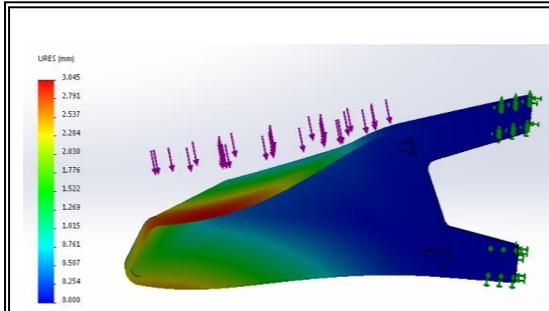
Tabla III. 9. Tabla de resultados de tensión y deformación tras la simulación de cargas estáticas en el anclaje del retrovisor A.

Este mismo proceso de simulación de carga, así como los resultados de las tensiones y deformaciones producidas en cada una de ellas, se mostrarán también para el diseño del anclaje del retrovisor B.

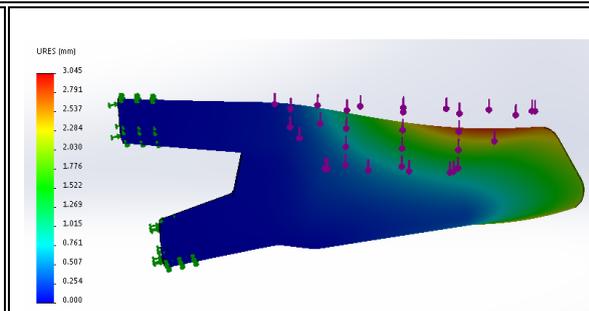
#### Carga superior.



### III. Desarrollo proyecto

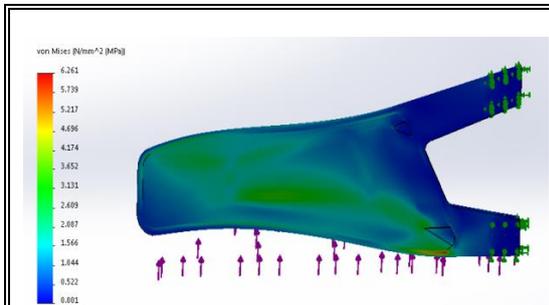


**Figura III. 66.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.

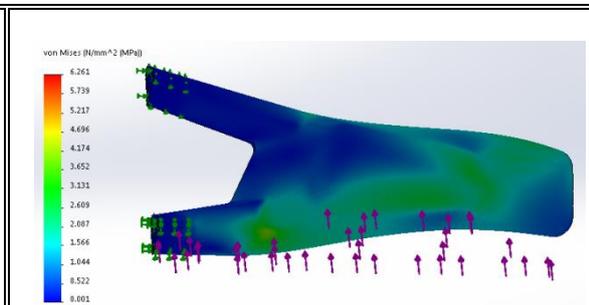


**Figura III. 67.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte superior.

#### Carga inferior.

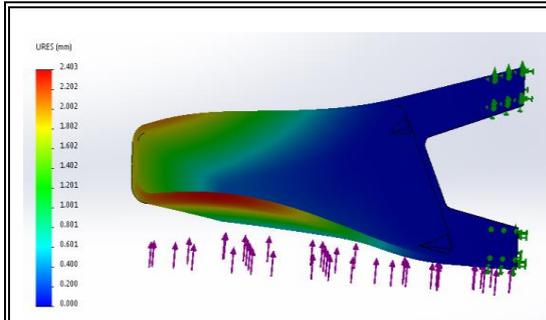


**Figura III. 68.** Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.

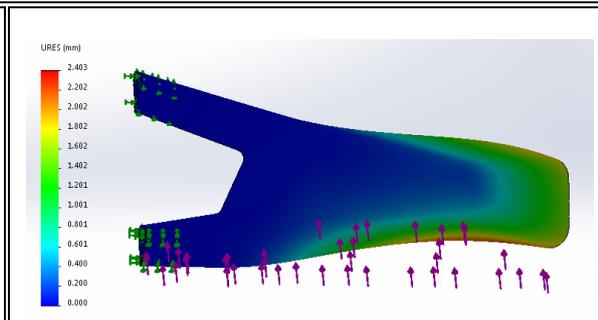


**Figura III. 69.** Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.

### III. Desarrollo proyecto

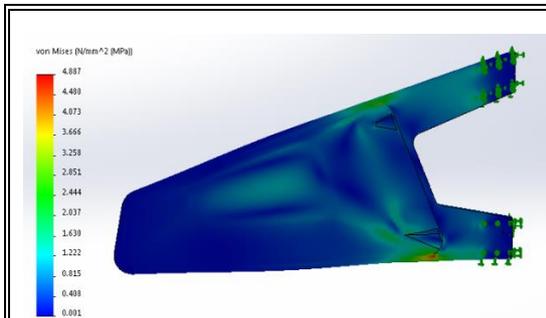


**Figura III. 70.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.

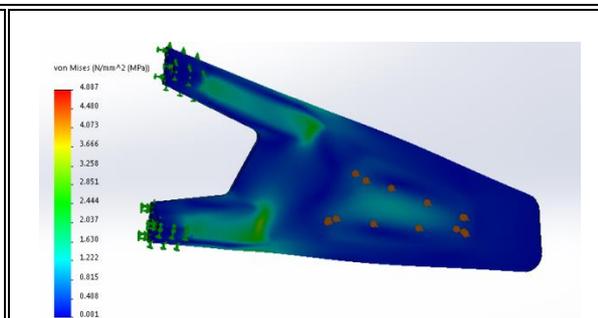


**Figura III. 71.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte inferior.

Carga posterior.

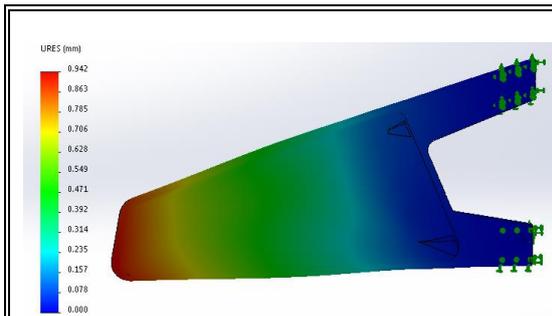


**Figura III. 72.** Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.

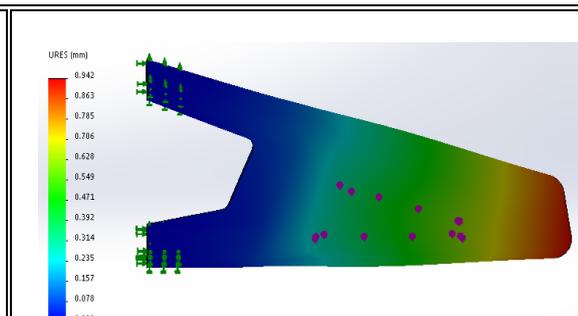


**Figura III. 73.** Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.

### III. Desarrollo proyecto

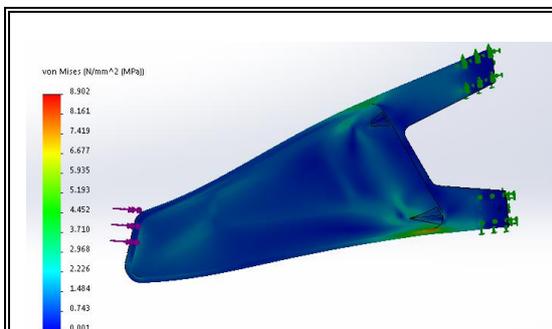


**Figura III. 74.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.

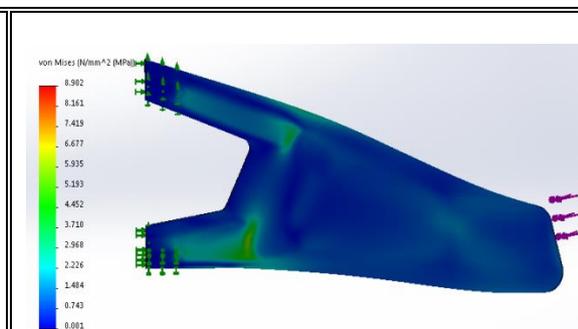


**Figura III. 75.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte posterior.

#### Carga frontal.

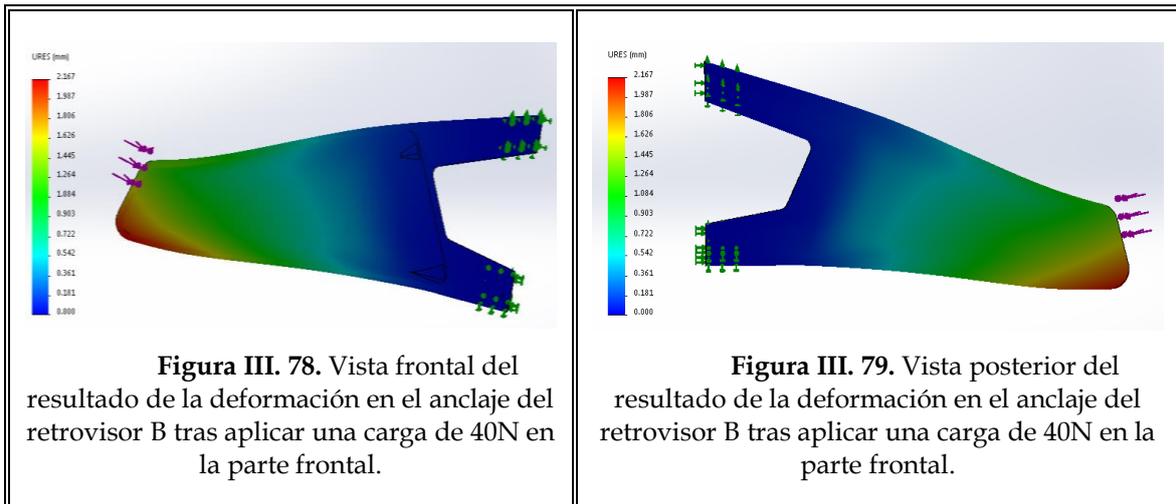


**Figura III. 76.** Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.



**Figura III. 77.** Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 40N en la parte frontal.

### III. Desarrollo proyecto



Como en el caso del anclaje del retrovisor A, se procede a realizar una tabla con los resultados obtenidos en la simulación del anclaje del retrovisor B.

| Posición de la carga de 40N | Tensión Máxima (MPa) | Deformación Máxima (mm) |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|
| Superior                    | 8,44 MPa             | 3,05 mm                 |
| Inferior                    | 6,26 MPa             | 2,40 mm                 |
| Posterior                   | 4,89 MPa             | 0,94 mm                 |
| Frontal                     | 8,90 MPa             | 2,17 mm                 |

**Tabla III. 10.** Tabla de resultados de tensión y deformación tras la simulación de cargas estáticas en el anclaje del retrovisor B.

| Posición de la carga de 40N | Tensión Máxima superior (MPa) | Tensión Máxima inferior (MPa) | Tensión Máxima posterior (MPa) | Tensión Máxima frontal (MPa) |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Anclaje A                   | 16,70 MPa                     | 14,20 MPa                     | 8,41 MPa                       | 16,09 MPa                    |
| Anclaje B                   | 8,44 MPa                      | 6,26 MPa                      | 4,89 MPa                       | 8,90 MPa                     |

**Tabla III. 11.** Tabla comparativa de tensión bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.

### III. Desarrollo proyecto

| Posición de la carga de 40N | Deformación Máxima superior (mm) | Deformación Máxima inferior (mm) | Deformación Máxima posterior (mm) | Deformación Máxima frontal (mm) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Anclaje A                   | 6,44 mm                          | 5,54 mm                          | 1,71 mm                           | 4,82 mm                         |
| Anclaje B                   | 3,05 mm                          | 2,40 mm                          | 0,94 mm                           | 2,17 mm                         |

**Tabla III. 12.** Tabla comparativa de deformación bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.

Como se puede observar en las tablas comparativas anteriores, tanto la tensión como la deformación en el anclaje B, son mejores en todos los supuestos de aplicación de carga.

A continuación, se muestra una tabla con la diferencia entre el anclaje del retrovisor B con respecto al anclaje del retrovisor A, tanto en lo referente a las tensiones como en las deformaciones.

| % De mejora de B respecto a A |                |                    |
|-------------------------------|----------------|--------------------|
| Posición de la carga          | Tensión máxima | Deformación máxima |
| Superior                      | 49%            | 53%                |
| Inferior                      | 56%            | 57%                |
| Posterior                     | 42%            | 45%                |
| Frontal                       | 45%            | 55%                |

**Tabla III. 13.** Tabla comparativa de la mejora porcentual de tensión y deformación máxima bajo cargas estáticas del anclaje B con respecto al anclaje A.

En la tabla anterior se puede observar que, tanto la tensión como la deformación en el anclaje del retrovisor B, podría aguantar el doble de la resistencia a la carga que el anclaje del retrovisor A. Estos resultados refuerzan los obtenidos en la hipótesis de carga aerodinámica desarrollada en el punto **III.2.2.4.1. Ejecución de la simulación de la hipótesis de carga aerodinámica**, en la que se observa también que tanto la tensión como la deformación del anclaje del retrovisor B son superiores. Por este motivo, se realizará otro ensayo de carga estática de 80 N para el retrovisor B, el

### III. Desarrollo proyecto

doble de la carga aplicada en el anclaje del retrovisor A. En este caso, solo se realizará en la zona más desfavorable de ambos retrovisores que, tras los resultados obtenidos, será en la zona superior.

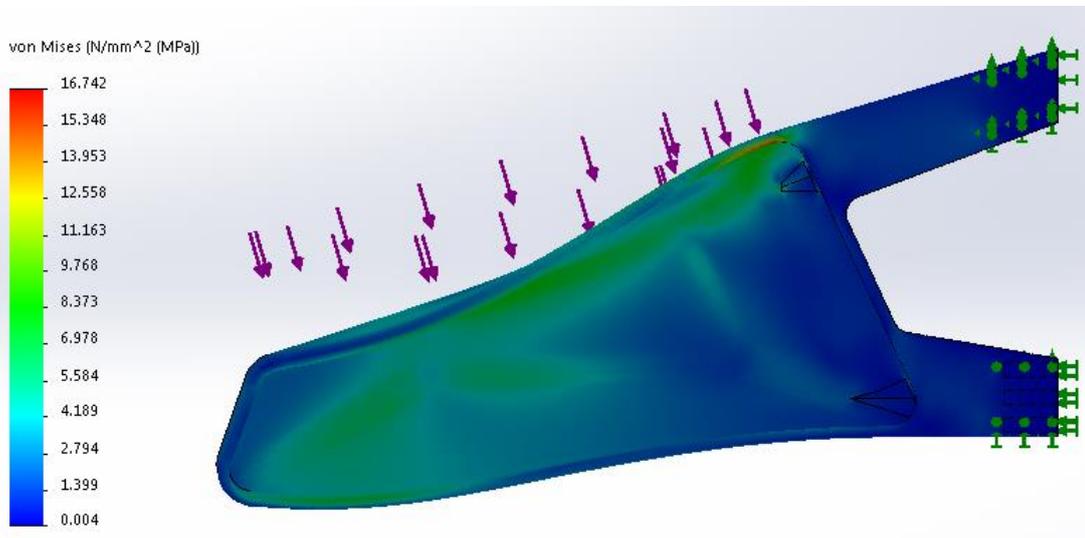


Figura III. 80. Vista frontal del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior.

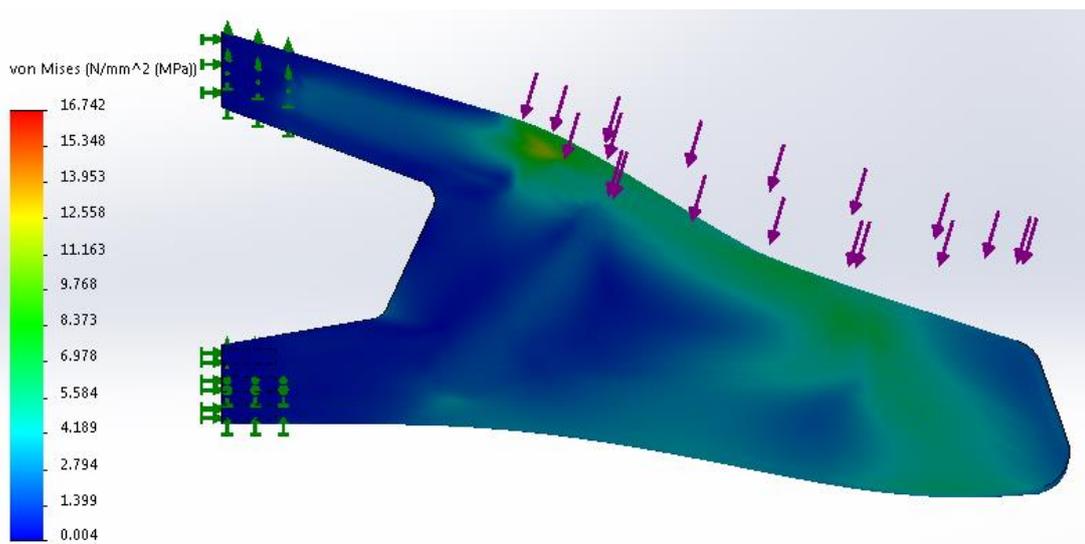
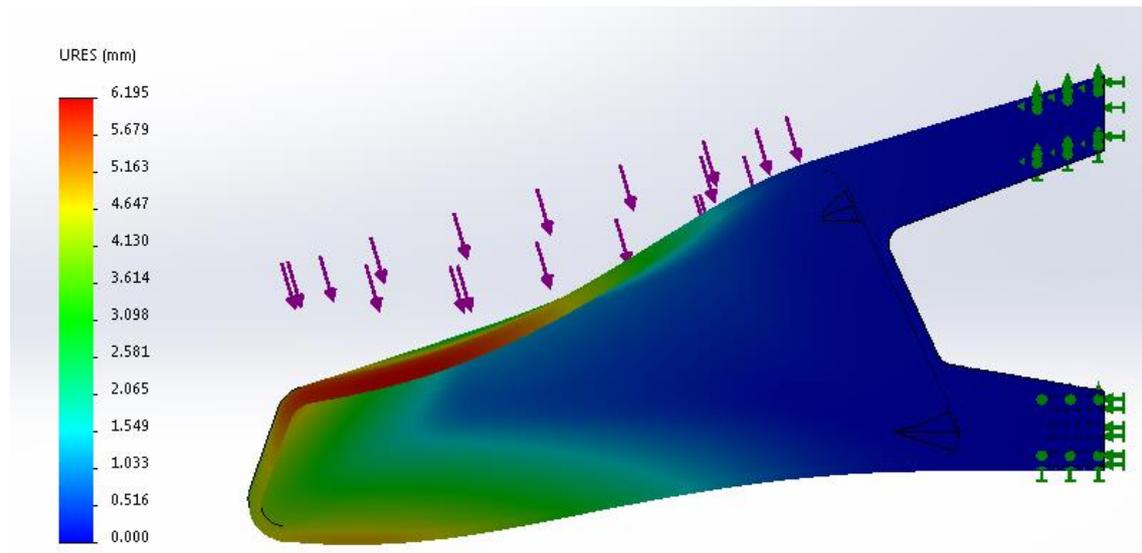
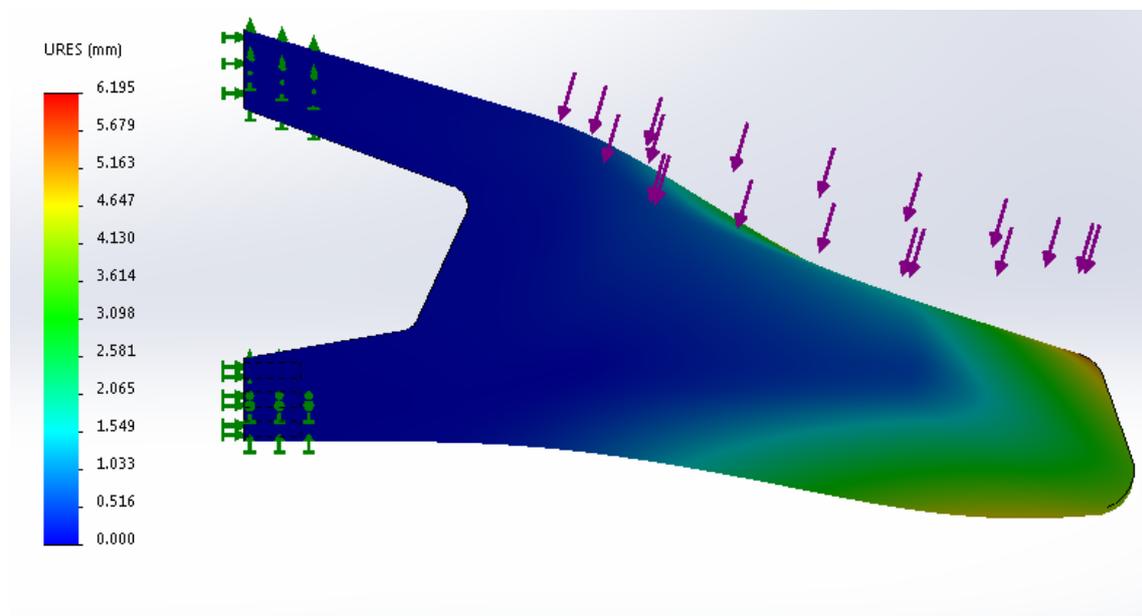


Figura III. 81. Vista posterior del resultado de la tensión en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior.

### III. Desarrollo proyecto



**Figura III. 82.** Vista frontal del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior.



**Figura III. 83.** Vista posterior del resultado de la deformación en el anclaje del retrovisor B tras aplicar una carga de 80 N en la parte superior.

### III. Desarrollo proyecto

---

Como se puede observar, para una carga de 80 N en el anclaje del retrovisor B, se tienen valores similares a los obtenidos con una carga de 40 N en el anclaje del retrovisor A.

| Posición de la carga      | Tensión Máxima (MPa) | Deformación Máxima (mm) |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|
| Superior anclaje A de 40N | 16,70 MPa            | 6,44 mm                 |
| Superior anclaje B de 80N | 16,76 MPa            | 6,20 mm                 |

**Tabla III. 14.** Tabla de resultados de tensión y deformación tras la simulación de una carga estática de 40N y 80N en el anclaje del retrovisor A y B respectivamente.

Todos los ensayos realizados están estimados para no superar el límite elástico del material, el ABS, pero sí se obtiene una clara visión del comportamiento de un anclaje con respecto del otro, como se puede apreciar en las tablas anteriores.

### III.3. Estudio de fabricación.

En el siguiente apartado se analizará y describirá el estudio de la fabricación de los anclajes de retrovisor desarrollados en el presente proyecto, siempre acordes con los datos obtenidos en los apartados anteriores.

Al tener los diseños de los anclajes las dimensiones suficientes para realizarse mediante impresión 3D, se va a comenzar el estudio de fabricación con un prototipado de cada uno de los anclajes en PLA. Para ello, se considera necesario describir previamente en qué consiste el proceso de impresión 3D.

Así, en la impresión 3D, como sucede en una impresora tradicional de chorro de tinta, se deposita el material mediante un cabezal, en este caso alimentado a partir de un filamento de plástico que, al paso por el cabezal, funde realizando la construcción de una capa tridimensional del modelo. Esta fabricación por adición es creada mediante la superposición de capas sucesivas de material, en este caso, dicho material será PLA.

### III. Desarrollo proyecto

---

En algunos sistemas se emplean dos cabezales de impresión, el primero de ellos es para depositar el material, mientras que, con el segundo se consigue un sustento que servirá de apoyo para las caras del retrovisor con huecos hasta que se acabe el modelo. En el caso del presente proyecto, este segundo producto al que se ha hecho referencia y, también llamado “material de sacrificio”, se aprecia en la cavidad donde va alojado el mecanismo del cristal del espejo retrovisor y de los agujeros para uniones y pasa cables, como se puede observar en la Figura III.86.

No hay que olvidar que el material de sacrificio debe ser eliminado física o químicamente, ya sea mediante una rasqueta o con un solvente que facilite su separación cuando el modelo esté terminado.

Es interesante destacar que en este proyecto se ha optado por la impresión 3D debido a su velocidad de fabricación de prototipos y moldes, pues es una técnica aplicada a prototipado rápido de productos, obteniendo un modelo tridimensional del concepto o idea en desarrollo, como sucede en este caso con los anclajes de retrovisor.

A continuación, se muestra un pequeño esquema, así como imágenes de los prototipos objeto de estudio del presente proyecto.

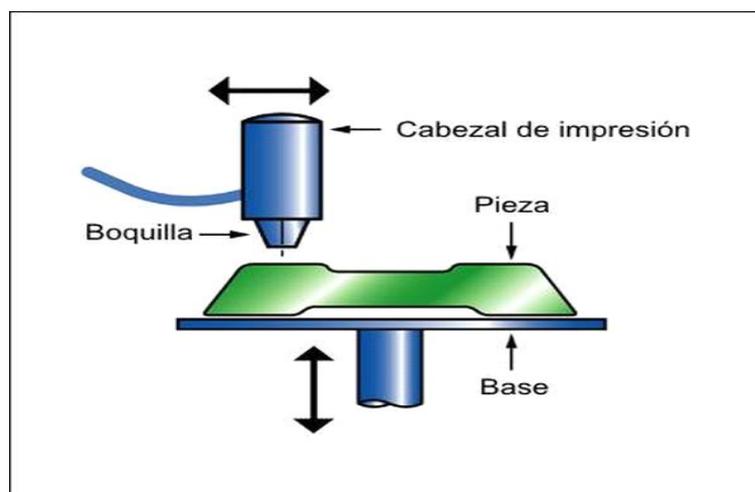


Figura III. 84. Imagen de los elementos principales que componen una impresora 3D.

### III. Desarrollo proyecto

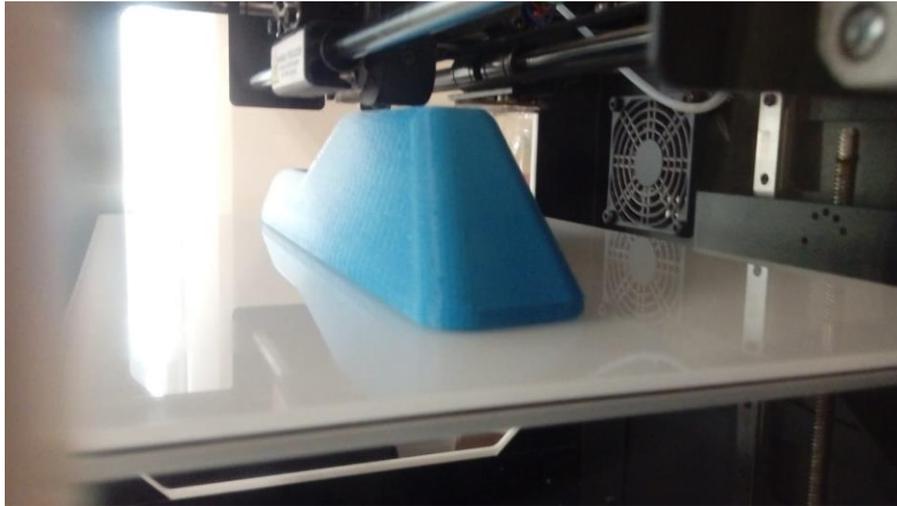


Figura III. 85. Impresión en 3D del anclaje del retrovisor A en PLA.

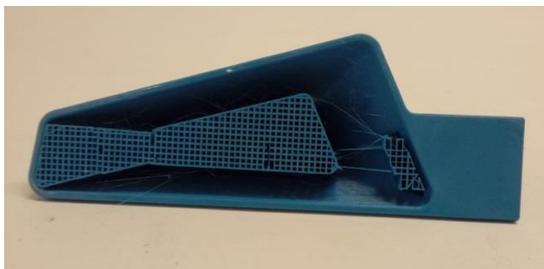


Figura III. 86. Imagen frontal del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor A en PLA donde se puede ver el material de sacrificio.



Figura III. 87. Imagen posterior del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor A en PLA.



Figura III. 88. Imagen frontal del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor B en PLA.



Figura III. 89. Imagen posterior del prototipo impreso en 3D del anclaje del retrovisor B en PLA.

En la actualidad, los productos moldeados por inyección se encuentran en todos los ámbitos del diseño de producto, desde productos de consumo o industriales,

### **III. Desarrollo proyecto**

---

pasando por productos de informática, comunicaciones, juguetes, empaquetado de cosméticos y hasta productos médicos o de investigación, entre otros.

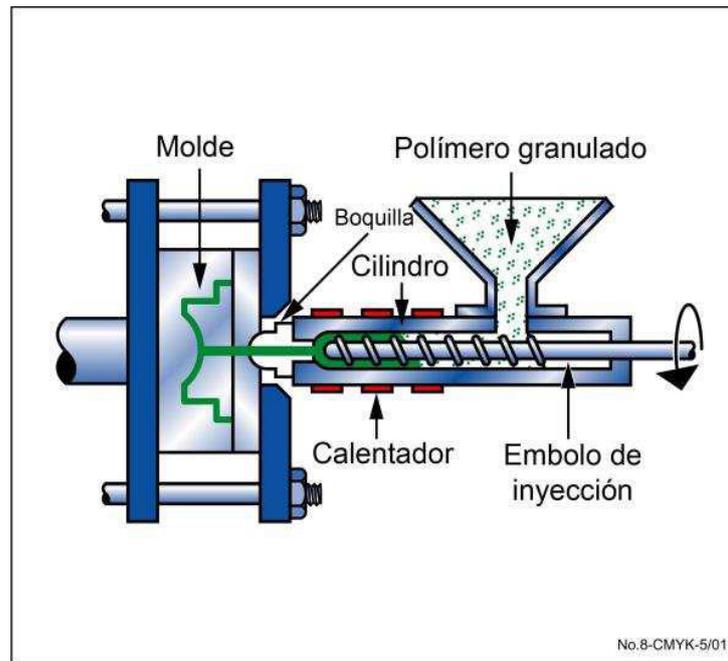
Los materiales que se emplean para llevar a cabo la inyección pueden ser de diversos tipos y formas, a modo de ejemplo se pueden citar algunos de ellos como son: espumas, polímeros termoplásticos y termoestables, y en cuanto a la forma pueden ser un prisma circular, prisma no circular, sólido 3D o hueco 3D.

En referencia al utillaje, se ha de decir que tiene un coste relativo elevado, al igual que sucede con el coste relativo del equipamiento, en cambio, el consumo de mano de obra es bajo. Debido a esto, se puede decir que los lotes comienzan a ser económicamente viables a partir de  $1 \cdot 10^4$  -  $1 \cdot 10^6$  unidades. Considerando estas unidades como las mínimas necesarias para que el proceso sea viable, la masa que se ha de inyectar varía de 0,001 - 25 kg, el rango de espesores es de 0,4 - 6,3 mm y se consiguen tolerancias de 0,07 - 1 mm con una rugosidad superficial muy suave.

Por todo ello, se considerará que este proceso es el óptimo para satisfacer las necesidades requeridas, ya que se trata de un material termoplástico (ABS), se pueden inyectar sólidos en 3D en lotes económicos grandes, quedando tanto la masa como el rango de espesor dentro de las magnitudes de ambos prototipos de anclaje de retrovisor y, por último, teniendo tolerancias de acabado superficial muy buenas.

El equipo más común para moldeo de termoplásticos es la extrusora de movimiento alternativo, cuyo esquema se muestra en la figura III.84.

### III. Desarrollo proyecto



**Figura III. 90.** Imagen de los elementos principales que componen el sistema y maquinaria del proceso de inyección de termoplásticos.

A continuación se realizará una descripción del proceso de inyección de termoplásticos.

Para el proceso de inyección de plásticos se utiliza un molde de inyección cerrado en el cual se funde el polímero a alta presión que fluye a través de una cámara o boquilla de distribución. En el interior del molde, se produce el enfriamiento y la cristalización en polímeros semicristalinos. Una vez que se abre el molde, se obtiene la pieza moldeada con sus características finales. Se ha de tener en cuenta que el tiempo de apertura puede variar en función del material empleado.

En la inyección se deben conocer las características de las máquinas que se van a utilizar y, así, determinar si el trabajo a desarrollar por estas es el adecuado para las piezas que se desean fabricar.

Respecto a la máquina de inyección cabe decir que se compone de dos unidades, que son la unidad de cierre y la unidad de inyección. La unidad de cierre se define por la fuerza de cierre, el desplazamiento del plato móvil, la distancia entre

### III. Desarrollo proyecto

---

columnas, y el espesor máximo y mínimo del molde. Por otro lado, en la unidad de inyección se hallan las características del diámetro del husillo, la presión de inyección, capacidad de plastificación, el volumen de inyección o la potencia de calefacción, entre otros.

Dentro de las unidades de cierre de las máquinas de inyección de polímero, existen diferentes sistemas de cierre, como son: el sistema de rodillera, el sistema de pistón cerrado, sistemas de pistón de dos etapas o sistemas de columna sistemas Para evitar la rotura de cualquier elemento que compone el proceso de cierre, se debe tener en cuenta que el producto de la sección proyectada de la pieza en el molde por la presión de inyección no supere la fuerza de cierre. En caso de superar la fuerza de cierre, las columnas se tensan y alargan, llegando incluso a superar el límite elástico y, por tanto, romperse. Debido a esto, se recomienda utilizar moldes de inyección de plástico de sección proyectada mayor a  $\frac{1}{4}$  del área delimitada por las columnas en el plato de cierre. Si se utilizasen áreas de molde inferiores a las anteriormente recomendadas, se podría producir un momento flector de los platos por encima de lo recomendable.

Considerando ahora la unidad de inyección, se debe tener en cuenta que la presión de inyección en la fase de llenado ha de ser la suficiente para lograr las velocidades de inyección fijadas y conseguir el tiempo de llenado esperado para la pieza. En consecuencia los factores que intervienen en la presión de inyección son los mismos que afectan a la velocidad de llenado.

La temperatura de molde es un parámetro que identifica el tiempo de ciclo y la calidad de la estructura de la pieza inyectada. Temperaturas de molde bajas implican tiempos cortos de enfriamiento y, por tanto, elevadas velocidades de enfriamiento aunque, en ocasiones, afectan de manera negativa a la calidad de la pieza inyectada.

Con respecto a los termoplásticos, se ha de considerar que las propiedades de las piezas inyectadas dependen de la velocidad de enfriamiento del mismo. En este caso, un enfriamiento rápido ocasiona una capa exterior amorfa. En cambio, si tiene

### III. Desarrollo proyecto

---

lugar un enfriamiento lento se produce un alto grado de cristalinidad y se obtienen unas mejores propiedades mecánicas.

En función del material que se inyecte, se ha de actuar de una forma u otra, con el fin de lograr una adecuada temperatura del molde de inyección. A modo de ejemplo se pueden citar algunas de estas formas de actuar, como refrigerar con agua, atemperar con agua o aceite térmico o calefactar con resistencias térmicas para alcanzar mayores temperaturas.

Un incremento de temperatura del molde de inyección implica cambios en el acabado superficial de la pieza como puede ser un aumento del brillo, mejora de las líneas de soldadura o aumento de la formación de rebabas. También influye sobre las propiedades físicas de la pieza, como puede ser un alivio en las tensiones internas o un aumento de la resistencia al impacto.

Con el objetivo de obtener el proceso de inyección del presente proyecto con la mejor calidad posible y ahondar en las temperaturas y presiones de los procesos que han sido descritos con anterioridad, se deben considerar los siguientes parámetros para la inyección del ABS [2].

- 1) La temperatura de plastificación: El rango de temperatura de esta para el caso del ABS oscila entre 180 °C y 280 °C dependiendo de la materia prima empleada. En caso de emplear una resina resistente al calor para soportar altas temperaturas, implica que la temperatura deberá de ser más alta que en el caso de emplear una resina de uso general, en la cual la temperatura será más baja. En el moldeado de inyección del ABS el parámetro de control de la temperatura barril se encuentra sobre 180 °C a 230 °C y la temperatura para la boquilla oscila entre 190 °C y 230 °C, a no ser que se emplee una resina de flujo alto, en cuyo caso, la temperatura de control de la boquilla estará entrono a unos 180 °C.
- 2) La presión de inyección de la máquina de moldeo por inyección de la resina fundida de ABS está entrono a 60 MPa hasta 150 MPa. Cuando el espesor de la pared de la pieza inyectada es grande y el canal de la entrada de material

### **III. Desarrollo proyecto**

---

es grande, la presión de inyección de máquina de inyección puede ser de 70 MPa hasta 110 MPa. Sin embargo cuando el espesor de la pieza inyectada es pequeño, como es nuestro caso, con paredes de espesor mínimo de 3mm el flujo de masa fundida es largo, y se empleará una presión de inyección de entre 120 MPa hasta 150 MPa.

- 3) La presión de mantenimiento de inyección está comprendida entre 60 MPa y 70 MPa esto se realiza para crear una pequeña tensión interna.
- 4) La velocidad de inyección en fusión del ABS se realiza generalmente a velocidades medias y bajas.
- 5) Por último, la temperatura de del molde durante el proceso de conformado de la pieza debe oscilar entre 40 °C y 80 °C. En el caso de una temperatura de molde alta, se consigue aumentar la calidad del llenado de fusión, obteniendo unas tensiones internas en la pieza pequeñas y una calidad como aspecto superficial buenos.

Para concluir, se muestra un esquema de los pasos básicos del proceso de inyección.

### III. Desarrollo proyecto

---

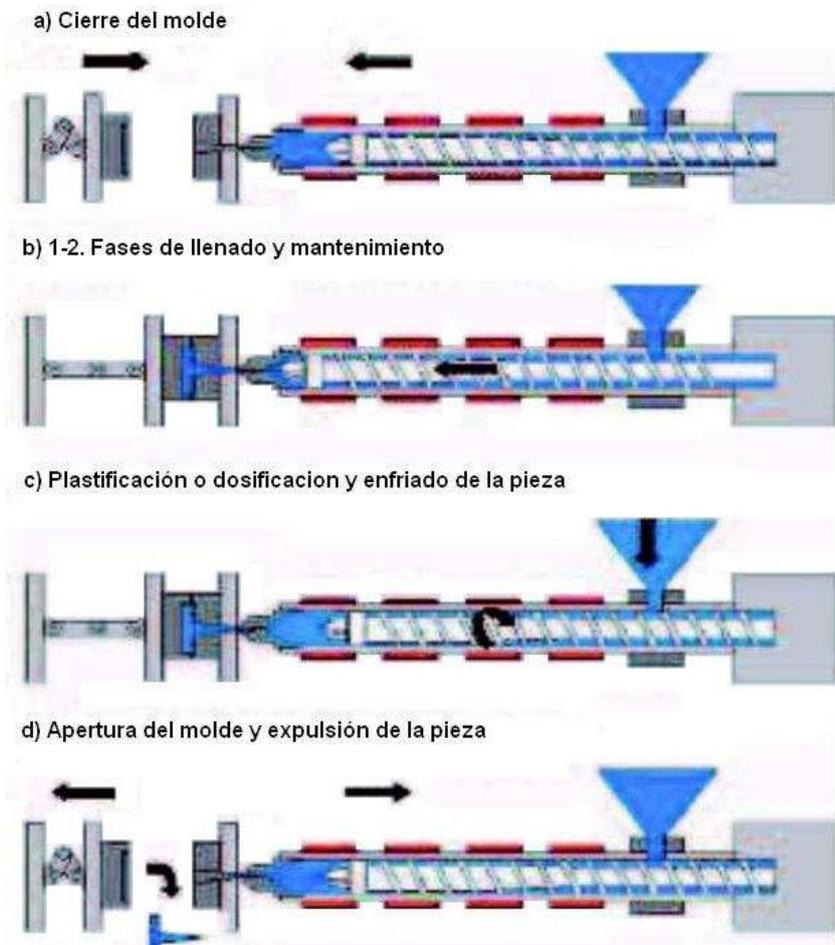


Figura III. 91. Diagrama genérico de los pasos para el proceso de inyección de termoplásticos [15].

#### III.4. Pre-Estudio de costes.

En el presente apartado se realizará un estudio estimado del coste de fabricación para el anclaje del retrovisor B, ya que, como se ha visto en apartados anteriores, es el que presenta mejores resultados. Para ello, se empleará el programa CES EduPack y la herramienta de estimador de costes.

A continuación, se muestran los pasos para realizar dicha estimación.

### III. Desarrollo proyecto

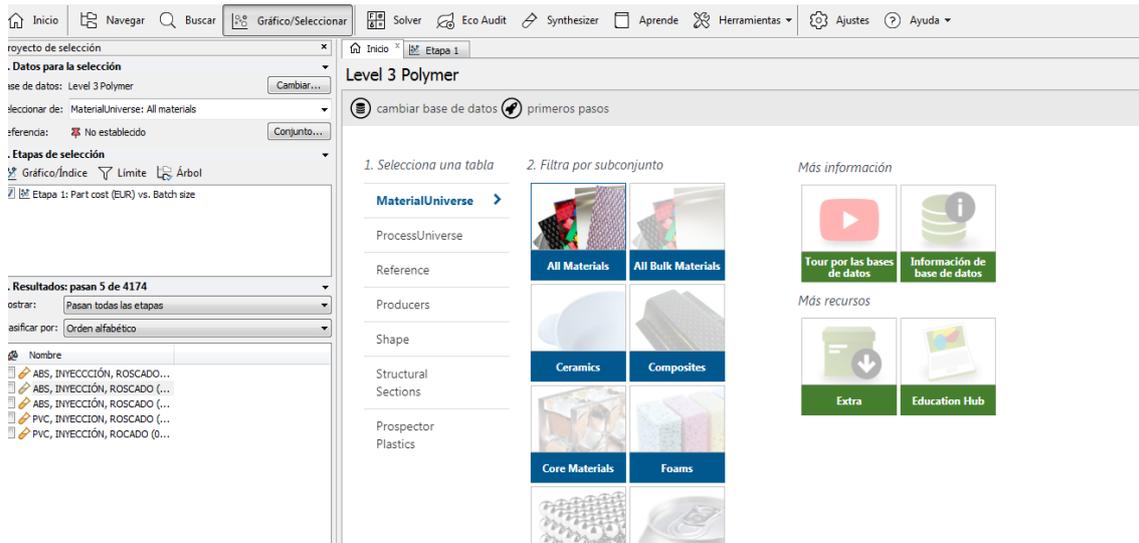


Figura III. 92. Página de inicio del programa CES EduPack.

El primer paso sería clicar en la pestaña Synthesizer, en la cual se desplegarán las herramientas que se muestra en la imagen siguiente.

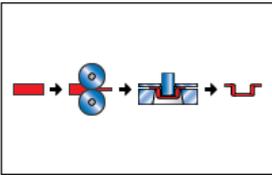


Figura III. 93. Pestaña de herramientas de Synthesizer.

En la herramienta de Synthesizer se seleccionará la opción de Coste.

### III. Desarrollo proyecto

**Part cost estimator** ?



Cálculo del coste de la pieza: dirigido al diseño conceptual de la etapa inicial, cuando se están considerando varios materiales y aún no se han definido los detalles del diseño.

Considera:

- Material y hasta dos procesos de conformado
- Tamaño y complejidad de la pieza
- Formato estándar y personalizado
- Opciones para el reciclaje de residuos de fabricación

**Detalles del componente**

Material

Valor del material de desecho  % del precio virgen

Masa de la pieza \*  kg

Longitud de la pieza \*  m

Tamaño del lote  Número de valores:

**Proceso de conformación primario**

Proceso primario

Disponibilidad

Complejidad de la pieza

Factor de carga  %

Gastos generales  EUR/hr

Tiempo de amortización del capital  years

**Proceso de conformación secundario**

Incluir proceso secundario

**Nomenclatura de los registros**

Material \*

Figura III. 94. Pestaña de la herramienta part cost estimator.

### III. Desarrollo proyecto

**Part cost estimator**

Material: ABS (injection molding, platable) [Buscar...]

Valor del material de desecho: 0 % del precio virgen

Masa de la pieza: 0,109 kg

Longitud de la pieza: 0,227 m

Tamaño del lote: 1e+05 Número de valores: 3

**Proceso de conformación primario**

Proceso primario: Injection molding (thermoplastics) [Buscar...]

Disponibilidad: Formato estándar

Complejidad de la pieza: Estándar

Factor de carga: 50 %

Gastos generales: 134 EUR/hr

Tiempo de amortización del capital: 5 years

**Proceso de conformación secundario**

Incluir proceso secundario

Proceso secundario: CNC machining [Buscar...]

Complejidad de la pieza: Estándar

Cantidad de desechos: 10 % de material

¿Reciclaje de residuos?: Sí

**Nomenclatura de los registros**

Material: ABS

Proceso primario: INYECCIÓN

Proceso secundario: ROSCADO

Este modelo generará 1 registros [Anterior] [Crear] [Cancelar]

Figura III. 95. Apartados a cumplimentar en la herramienta part cost estimator.

Una vez seleccionada la herramienta de part cost estimator, se procederá a completar los apartados del material, proceso primario de conformado, proceso secundario de conformado, tamaños de lote y tiempo de amortización. Para el caso del presente proyecto sería: material en ABS, proceso primario inyección, proceso secundario roscado, tamaño de lote 100.000 unidades y un tiempo de amortización de 5 años.

### III. Desarrollo proyecto

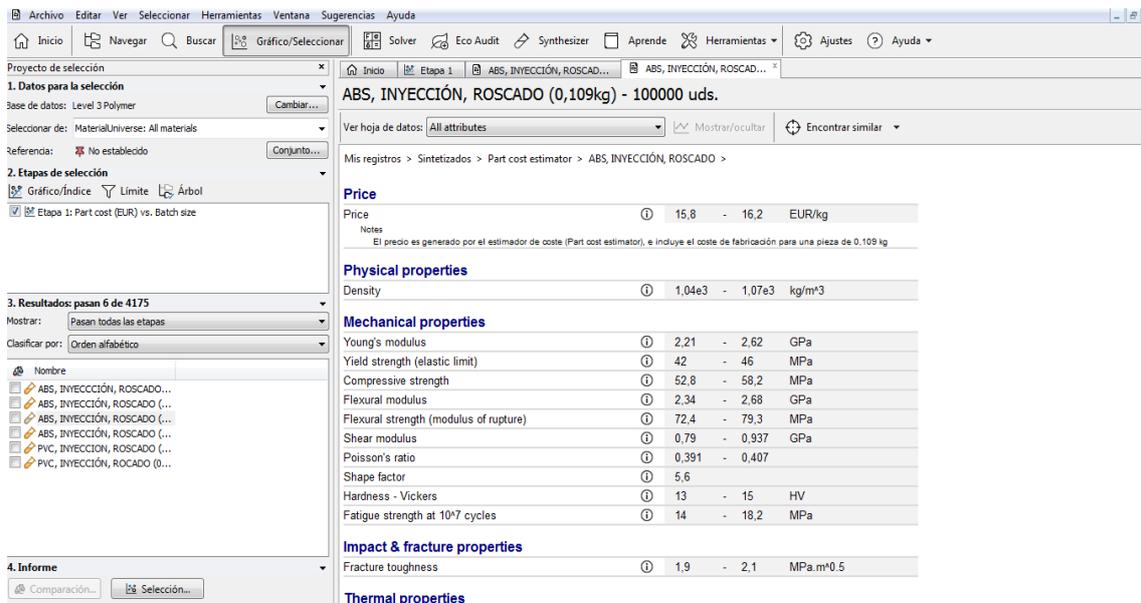


Figura III. 96. Informe generado por la herramienta part cost estimator.

Tras introducir todos los datos descritos anteriormente se procederá a finalizar la herramienta, la cual arrojará los costes estimados de fabricación.

| <u>Especificaciones</u>                         | <u>Valor</u> | <u>Unidades</u> |
|---|--------------|-----------------|
| Coste del material                              | 7,41         | €/kg            |
| Masa de la pieza                                | 0,1086       | kg              |
| Tamaño de lote                                  | 100000       | Piezas          |
| Costes generales                                | 134          | €/h             |
| Costes del capital para el proceso de inyección | 118100       | €               |
| Coste del capital para el proceso de roscado    | 212,1        | €               |
| Longitud de la pieza                            | 0,227        | m               |
| Tiempo de amortización del capital              | 5            | Años            |
| Tasa de producción para el proceso de inyección | 621,5        | Piezas/h        |
| Tasa de producción para el proceso de roscado   | 544,4        | Piezas/h        |

Tabla III. 15. Especificaciones y costes generales sacados del informe de la herramienta part cost estimator.

### III. Desarrollo proyecto

---

| <u>Estimador de costos de piezas</u>                  | <u>Valor</u> | <u>Unidades</u> |
|---|--------------|-----------------|
| Costes de herramienta por pieza en la inyección       | 0,078        | €               |
| Costes de herramienta por pieza en el roscado         | 0,003        | €               |
| Gastos generales por pieza en la inyección            | 0,224        | €               |
| Gastos generales por pieza en el roscado              | 0,246        | €               |
| Precio de la materia prima (ABS) por pieza            | 0,252        | €               |
| Coste del proceso de inyección por pieza              | 0,303        | €               |
| Coste del proceso de roscado por pieza                | 0,249        | €               |
| Coste total de la pieza                               | 0,804        | €               |
| <b>Coste total del retrovisor izquierdo y derecho</b> | <b>1,608</b> | <b>€</b>        |

Tabla III. 16. Costes estimados generados en la herramienta part cost estimator para la fabricación del anclaje de retrovisor B.

Para finalizar, se muestran los costes obtenidos de la herramienta part cost estimator, donde se puede ver que el coste estimado de fabricación de los espejos retrovisores derecho e izquierdo del anclaje tipo B sería de 1 € con 61 céntimos (1,61 €), aproximadamente.

### III.5. Conclusiones.

En este apartado se realizará un resumen de las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del presente proyecto.

Se ha partido de dos modelos de anclajes de retrovisor A y B de uno y dos puntos de anclaje respectivamente. Seguidamente se ha realizado una comparativa de los materiales plásticos más adecuados para la realización de este modelo, teniendo en cuenta tanto sus propiedades físicas y mecánicas como precio; de esta comparativa se

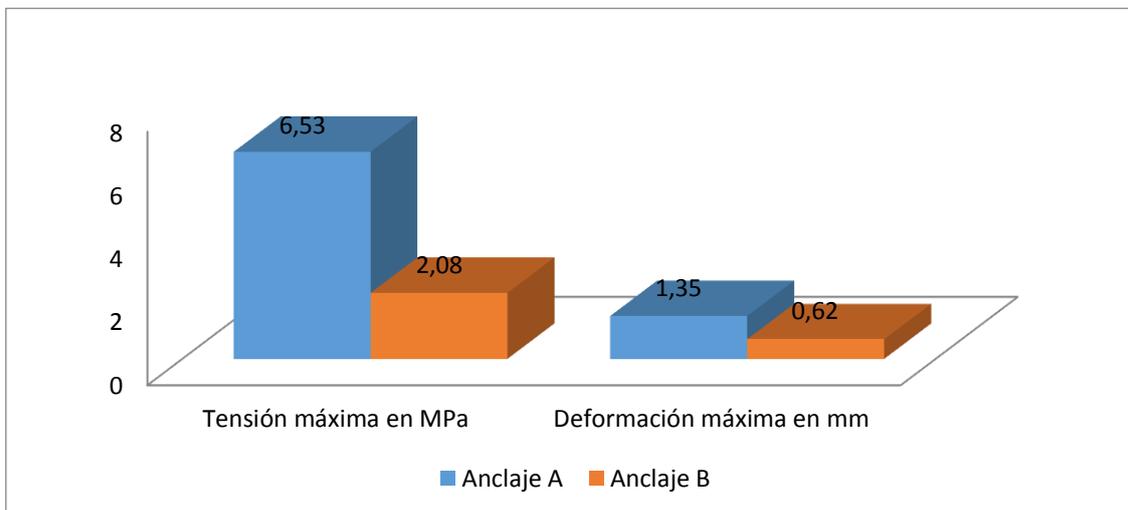
### III. Desarrollo proyecto

---

arrojan los datos del material que más se ajusta a las necesidades y exigencias buscadas, que es el ABS.

A continuación se han considerado las solicitaciones mecánicas a las que un retrovisor estaría sometido. En el caso del presente proyecto son las tensiones y deformaciones producidas por la incidencia del viento sobre cada uno de los anclajes del retrovisor, así como las cargas estáticas repartidas en cada una de las caras del mismo. Con el fin de estar del lado de la seguridad, ambas solicitaciones han sido sobredimensionadas.

De estos ensayos a cargas, tanto aerodinámicas como estáticas, se puede discernir con claridad un mejor comportamiento en el anclaje del retrovisor B que en el del retrovisor A, lo cual puede ser observado en los gráficos adjuntados a continuación. No se ha de olvidar que ambos retrovisores han sido ensayados con ABS.



**Tabla III. 17.** Gráfico comparativo de tensión y deformación máximas bajo cargas aerodinámicas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.

En este primer gráfico se puede apreciar que el anclaje del retrovisor A acumula más del doble de las tensiones que en el caso del anclaje del retrovisor B, al igual que sucede con las deformaciones.

### III. Desarrollo proyecto

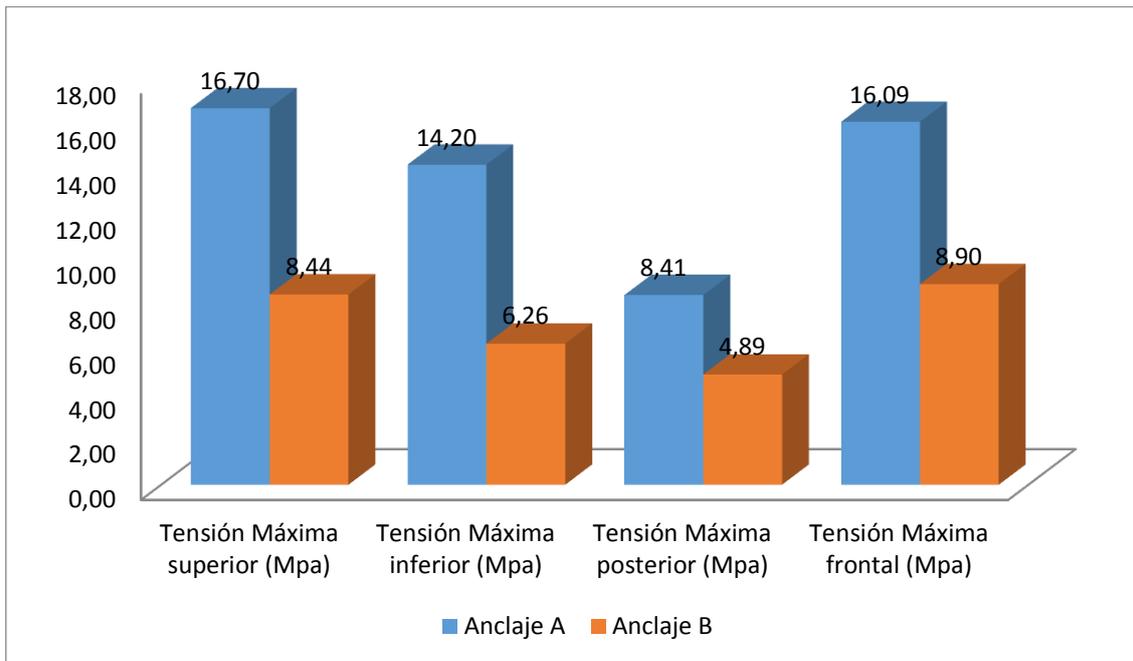


Tabla III. 18. Gráfico comparativo de tensiones máximas bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.

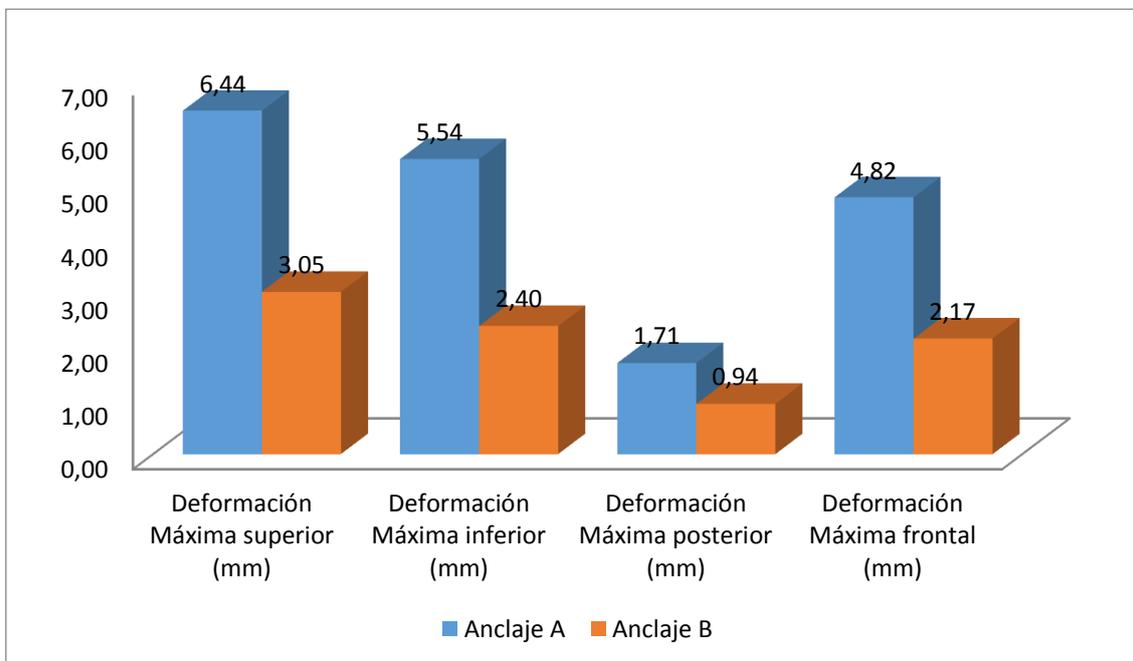


Tabla III. 19. Gráfico comparativo de deformaciones máximas bajo cargas estáticas para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor.

De igual manera, tras aplicar las cargas estáticas en diferentes puntos en ambos retrovisores, se puede ver que tanto la tensión como la deformación son mayores en el anclaje del retrovisor A. Asimismo, en estos dos últimos gráficos de tensión

### **III. Desarrollo proyecto**

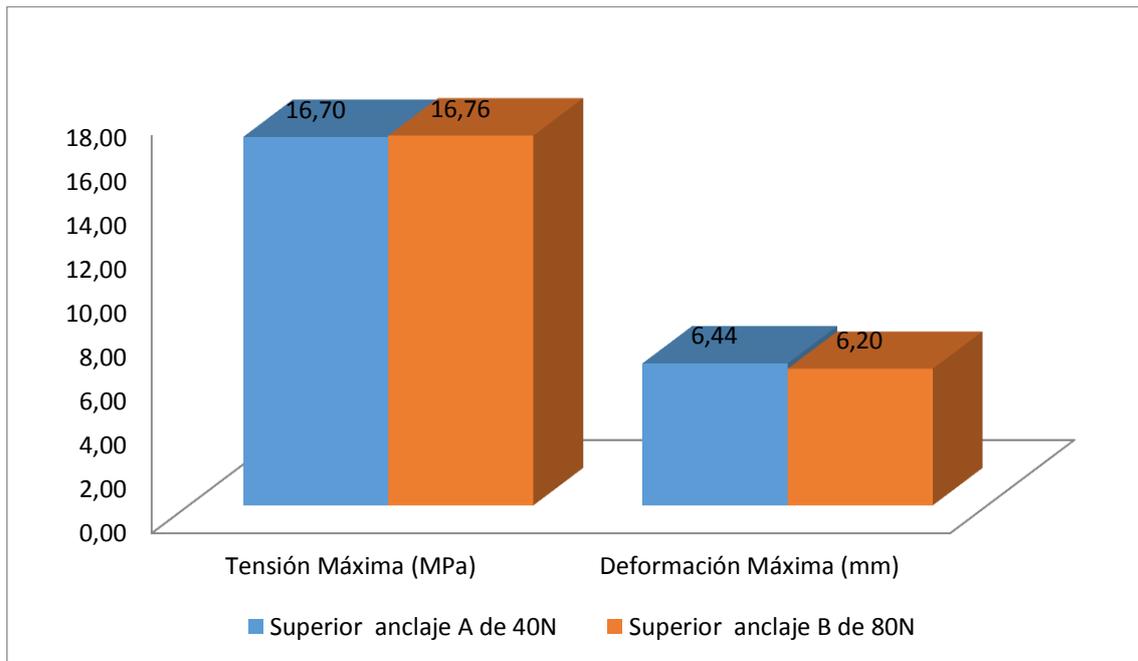
---

deformación bajo cargas estáticas se observa que los puntos que presentan mayores tensiones, en ambos anclajes, son los puntos superiores y frontales, ya que la aplicación de estas cargas está más alejada de los puntos de unión de los retrovisores y, por tanto, se produce un momento mayor. Sin embargo, se ha de resaltar que las mayores deformaciones se producen en la parte superior y posterior del retrovisor, que coincide con las zonas de menor espesor, siendo éste de 3mm.

Con los datos arrojados en estas dos simulaciones, se puede concluir que el anclaje del retrovisor B aguantaría más del doble de la carga con respecto al anclaje del retrovisor A, lo cual lleva a afirmar que, como en el caso del anclaje del retrovisor B existen dos puntos de unión, uno superior y otro inferior, las tensiones quedan mejor repartidas, con lo que las cargas pueden ser de magnitud superior al doble que las que resistiría el retrovisor A, como se ha comentado anteriormente.

Con el objetivo de corroborar y dar solidez a esta afirmación, se ha realizado, también, una última simulación estática en ambos retrovisores en el punto más desfavorable que, como se ha recogido previamente, se encuentra en la parte superior del anclaje de ambos retrovisores.

### III. Desarrollo proyecto

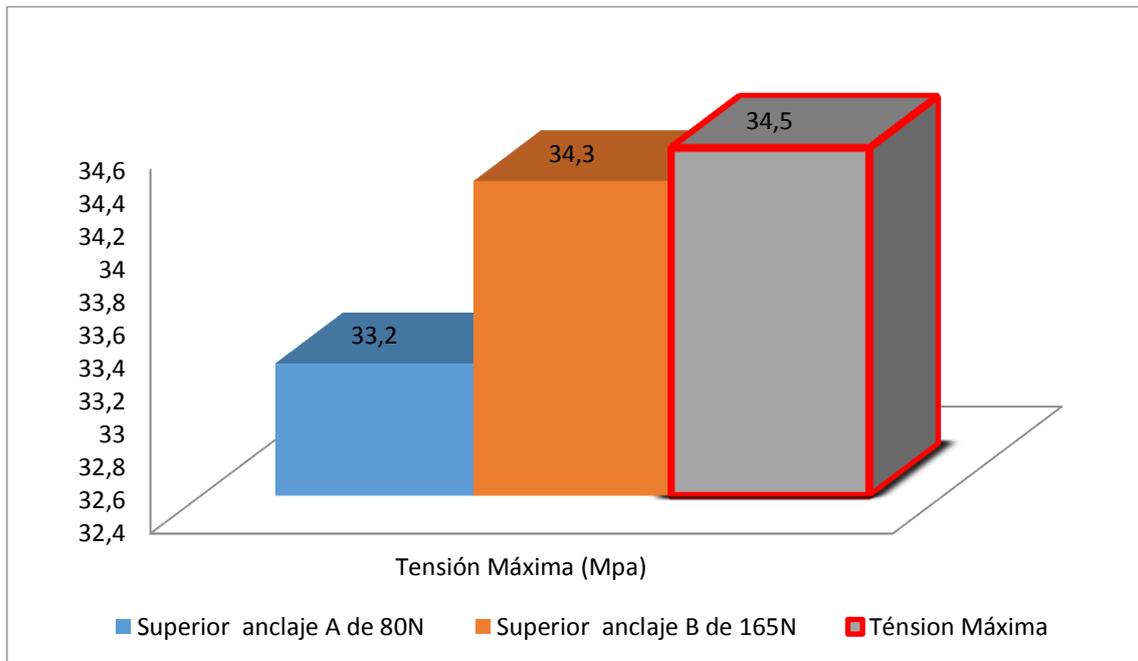


**Tabla III. 20.** Gráfico comparativo de tensión y deformación máxima bajo una carga estática superior de 40 N para el anclaje A y de 80 N para el anclaje B.

También se ha de mencionar que todos los ensayos realizados están estimados para no superar el límite elástico del material, en este caso concreto el ABS, que, como se ha definido en el apartado de materiales, sería de entorno a unos 34,5 MPa, siendo el máximo estimado para cada retrovisor de 80 N para el anclaje del retrovisor A y 165 N para el anclaje del retrovisor B, teniendo en cuenta que por encima de estos valores se sobrepasa el límite elástico del material.

### III. Desarrollo proyecto

---



**Tabla III. 21.** Gráfico comparativo de tensiones máximas bajo una carga estática superior para cada uno de los modelos de anclaje de retrovisor y definición del valor máximo del límite elástico del ABS.

Para finalizar se puede concluir que el anclaje en ABS que se ajusta mejor a las necesidades del presente proyecto, es el del retrovisor B.

### **III. Desarrollo proyecto**

---

## **IV. APÉNDICES**

# APÉNDICES



## IV. Apéndices

---

### Apéndice IV.1. Referencias.

[1] Javier Prieto, “El primer retrovisor de la Historia que además ganó una carrera de coches” Agosto 05, 2017 <https://www.topgear.es/noticias/motorsport/primer-retrovisor-historia-que-ademas-gano-carrera-coches-158362>

[2] Daya “Parámetro de moldeo por inyección para producto ABS” Mayo 06, 2019 <http://www.dayamachinery.com/es/injection-molding-parameter-for-abs-product/>

[3] Infobae, “La historia del espejo retrovisor: una mujer audaz y un auto de carreras disfuncional” Agosto 16, 2017 <https://www.infobae.com/autos/2017/08/16/la-historia-del-espejo-retrovisor-una-mujer-audaz-y-un-auto-de-carreras-disfuncional/>

[4] Freno Motor, “El origen del retrovisor” Abril 07, 2015 <https://frenomotor.com/curiosidades/el-origen-del-retrovisor>

[5] El Motor, “El increíble origen de algunos dispositivos que usas en tu coche” Septiembre 22, 2018 <https://motor.elpais.com/conducir/origen-intermitente-limpiaparabrisas/>

[6] Mundo Motor, “Espejos Retrovisores: Qué son, Funcionamiento, Características Y Tipos” <https://www.mundodelmotor.net/espejos-retrovisores/>

[7] Muñoz, C; Vilar, M; Garraín, D. “EVOLUCIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS RETROVISORES DE VEHÍCULOS. EVALUACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA. “[https://www.aepro.com/files/congresos/2008zaragoza/ciip08\\_0707\\_0715.802.pdf](https://www.aepro.com/files/congresos/2008zaragoza/ciip08_0707_0715.802.pdf)

[8] “Reglamento nº 46 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas: Prescripciones uniformes sobre la homologación de los dispositivos de visión indirecta y los vehículos de motor en lo referente a la instalación de dichos

## IV. Apéndices

---

dispositivos” Julio 10, 2010 <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2010-812541>

[9] Automóvil Magazine, “Confort y alta tecnología en el espejo retrovisor” <https://www.expertoautorecambios.es/magazine/espejo-retrovisor-1171>

[10] Automóvil Magazine, “Espejo retrovisor” [https://es.qaz.wiki/wiki/Rear-view\\_mirror](https://es.qaz.wiki/wiki/Rear-view_mirror)

[11] Autocasión, “Guía para Las 24 Horas de Le Mans 2019: horarios y dónde ver la carrera” Junio 12, 2019 <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/guia-para-las-24-horas-de-le-mans>.

[12] Motor.es “Chevrolet presenta de forma oficial el nuevo Corvette C8.R GTE” Octubre 03, 2019 <https://www.motor.es/noticias/chevrolet-presenta-forma-oficial-nuevo-corvette-c8r-gte-201961313.html>

[13] Motorgiga “24 horas de Le Mans 2014: Porsche competirá con 4 coches de fábrica” <https://motorgiga.com/sport/fia-wec/24-horas-de-le-mans-2014-porsche-competira-con-4-coches-de-fabrica/gmx-niv75-con2586.htm>

[14] CES EduPack 2019 “Materiales, procesos de fabricación y costes”

[15] Tecnología de los Plásticos “INYECCION DE MATERIALES PLASTICOS II” Junio 13, 2011 <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html>

# Apéndice IV.2. Construcción detallada del espejo retrovisor con diferentes sistemas de anclajes mediante SolidWorks.

### Diseño retrovisor A.

La configuración de este diseño consta de una sola superficie de anclaje.

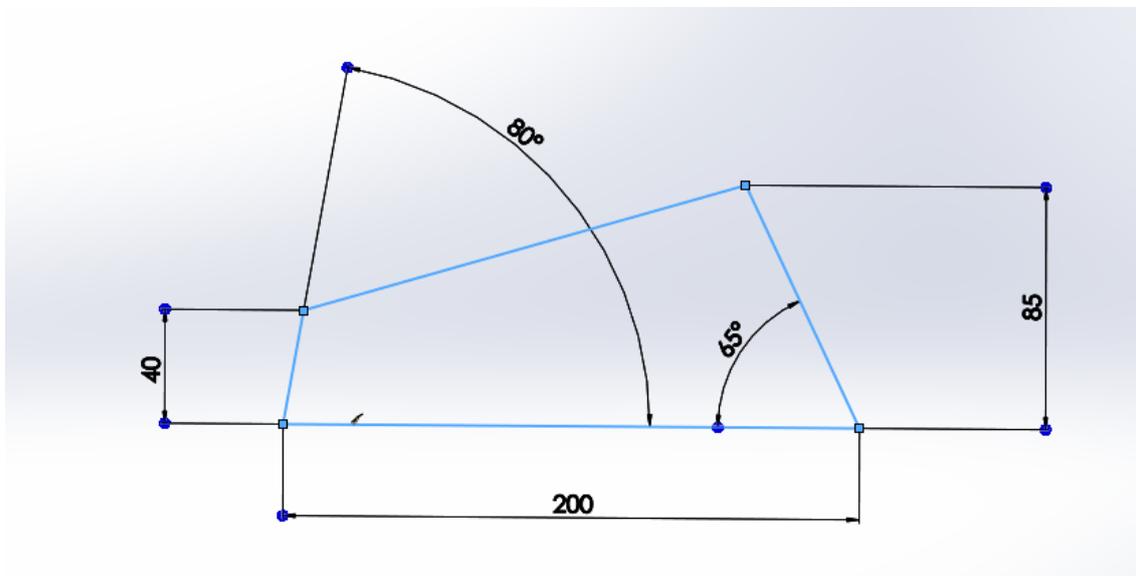


Figura IV. 1. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción de la base del retrovisor.

## IV. Apéndices

---

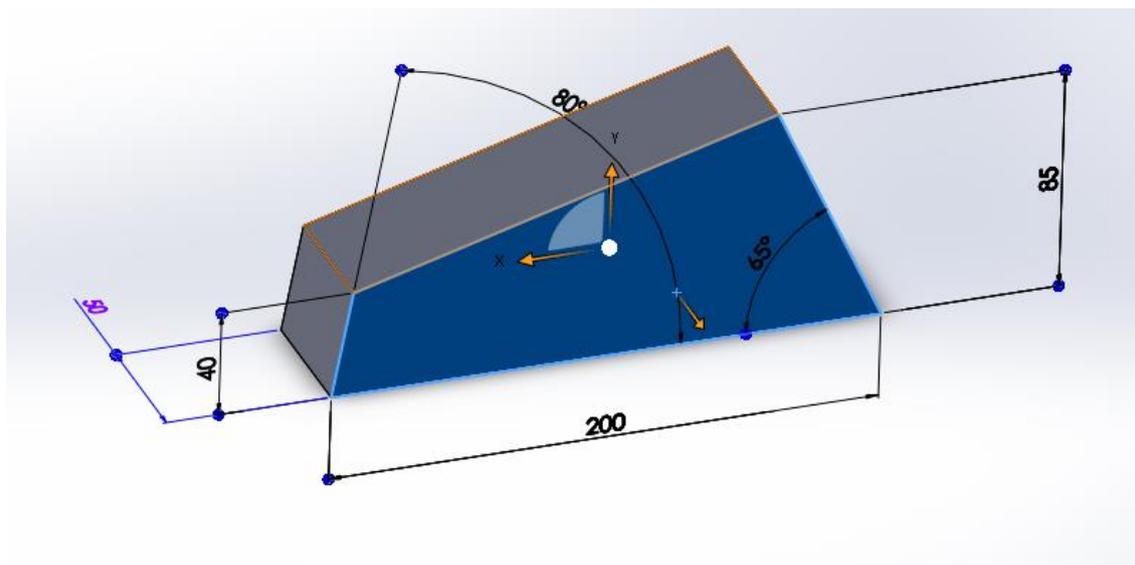


Figura IV. 2. Vista de la base del retrovisor después de aplicar una función de extrusión de 50 mm en la dirección -z

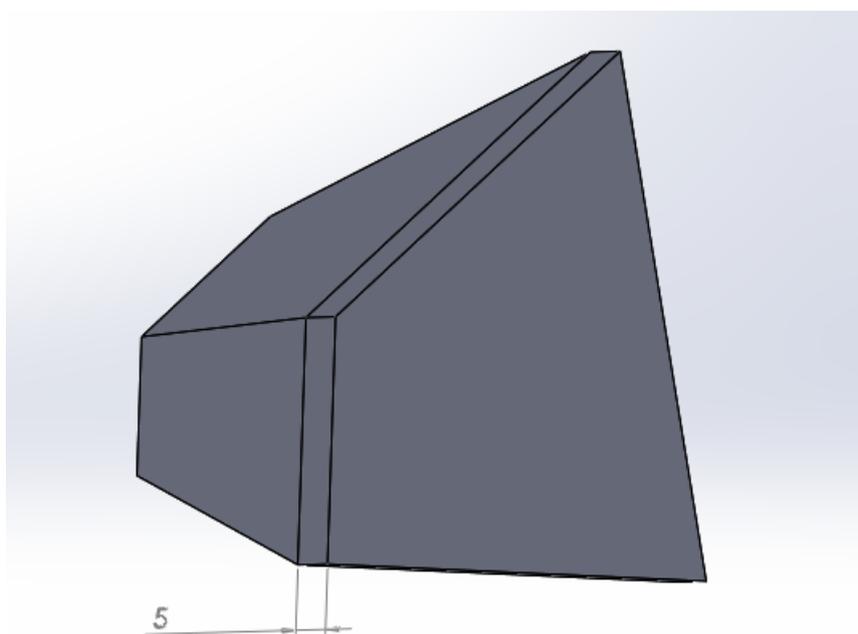


Figura IV. 3. Borde para aplicar chaflanes en las cuatro caras de la base.

## IV. Apéndices

---

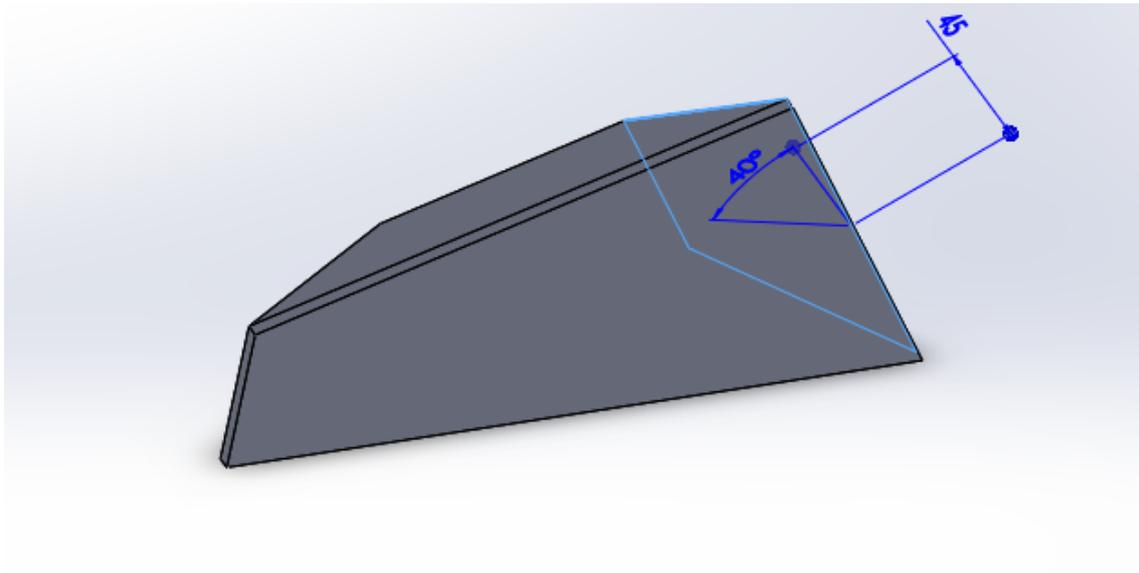


Figura IV. 4. Primer chaflán en el plano del anclaje.

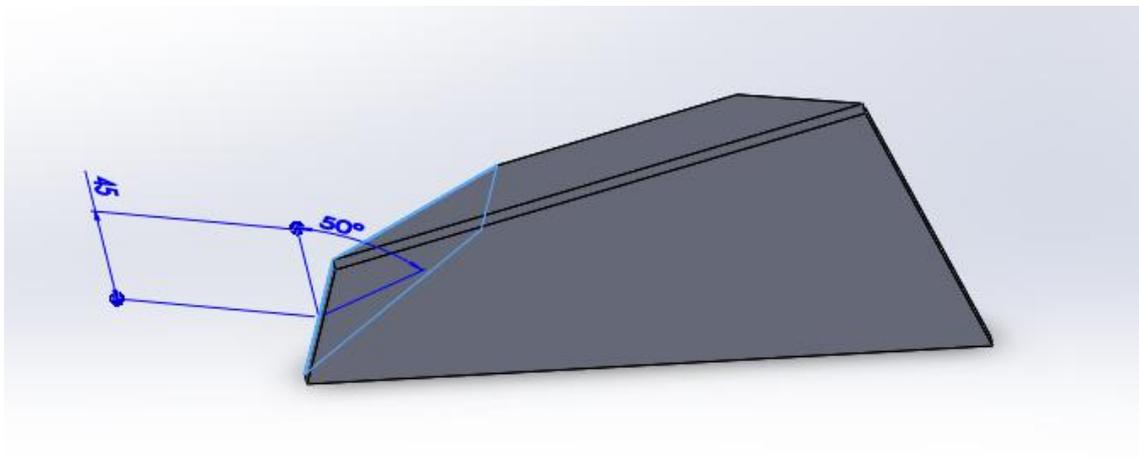


Figura IV. 5. Segundo chaflán en el plano opuesto al anclaje.

## IV. Apéndices

---

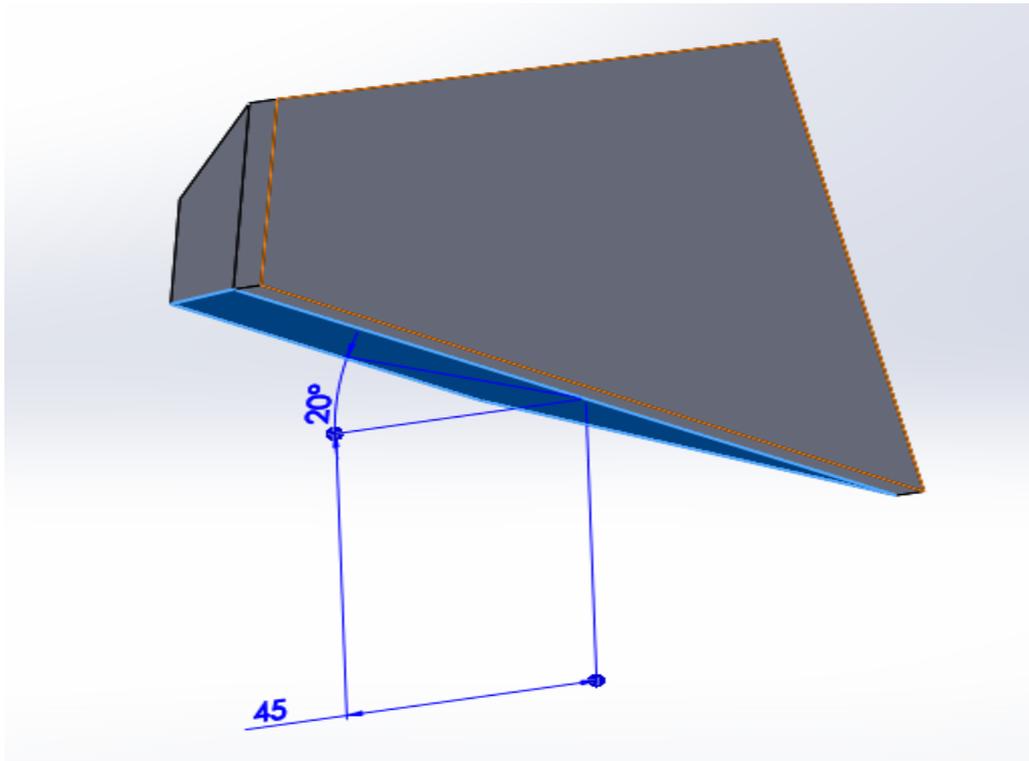


Figura IV. 6. Tercer chaflán en la base del retrovisor.

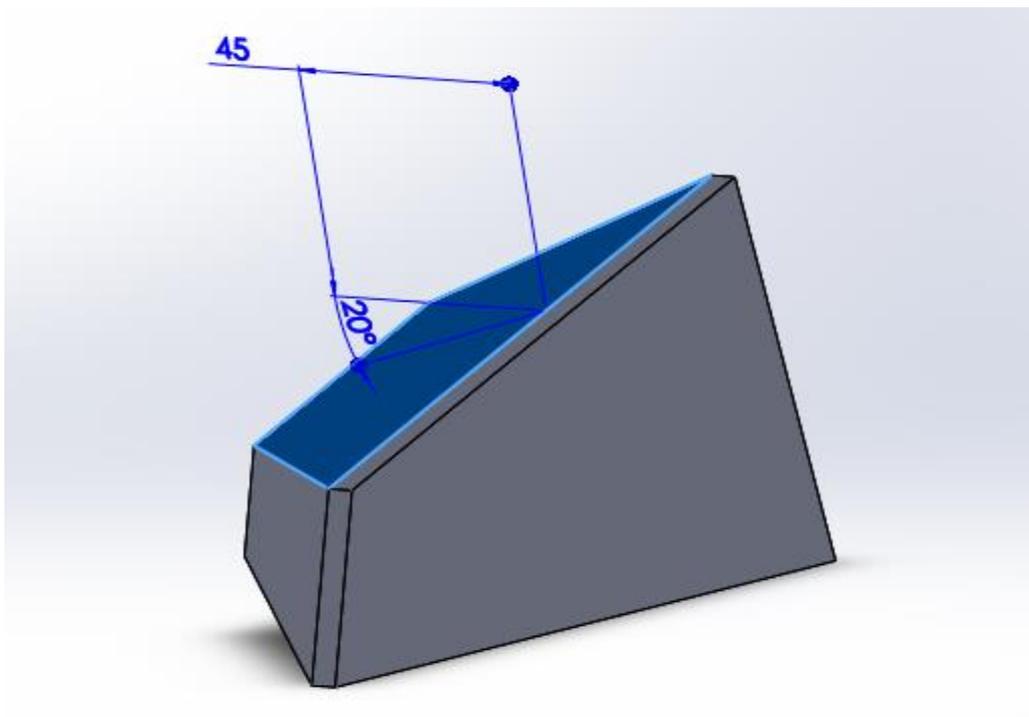


Figura IV. 7. Cuarto chaflán en el plano opuesto a la base del retrovisor.

## IV. Apéndices

---

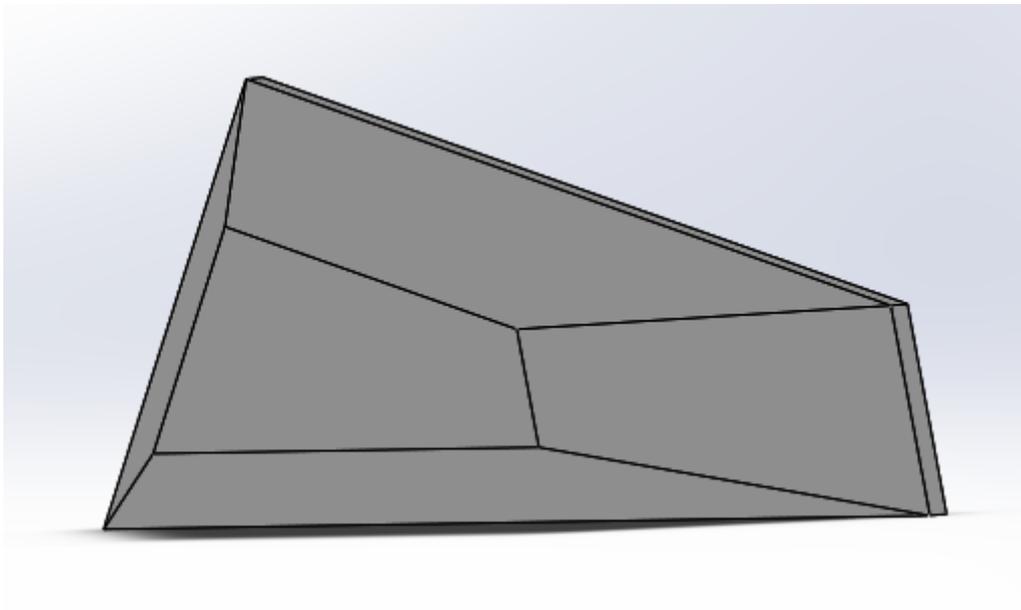


Figura IV. 8. Vista trasera retrovisor tras aplicar chaflanes.

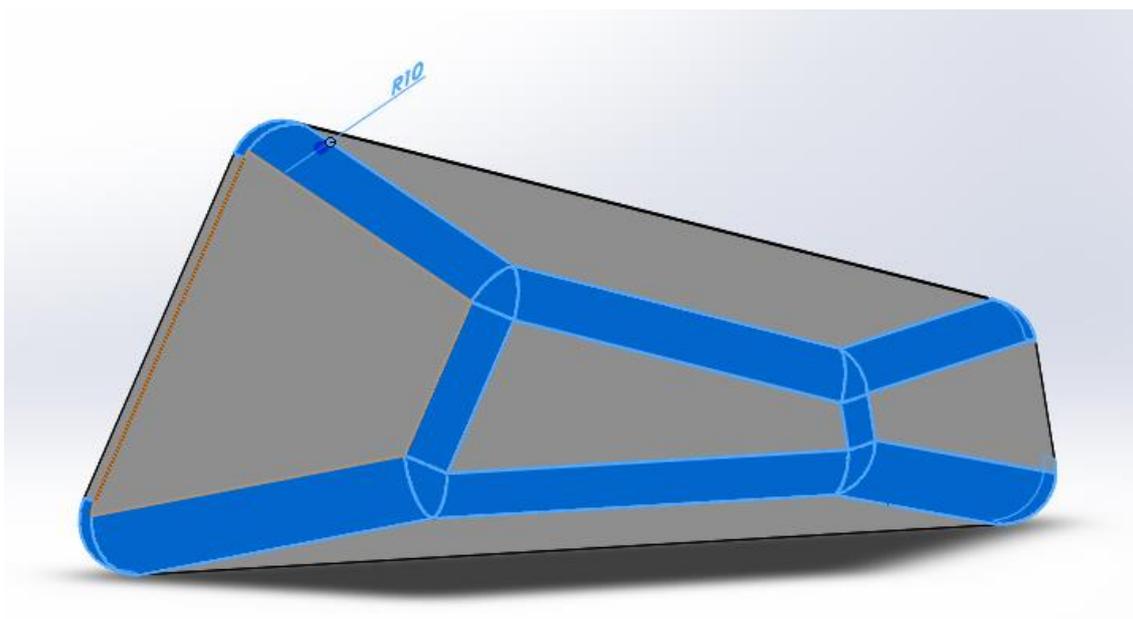


Figura IV. 9. Redondeo parte trasera.

## IV. Apéndices

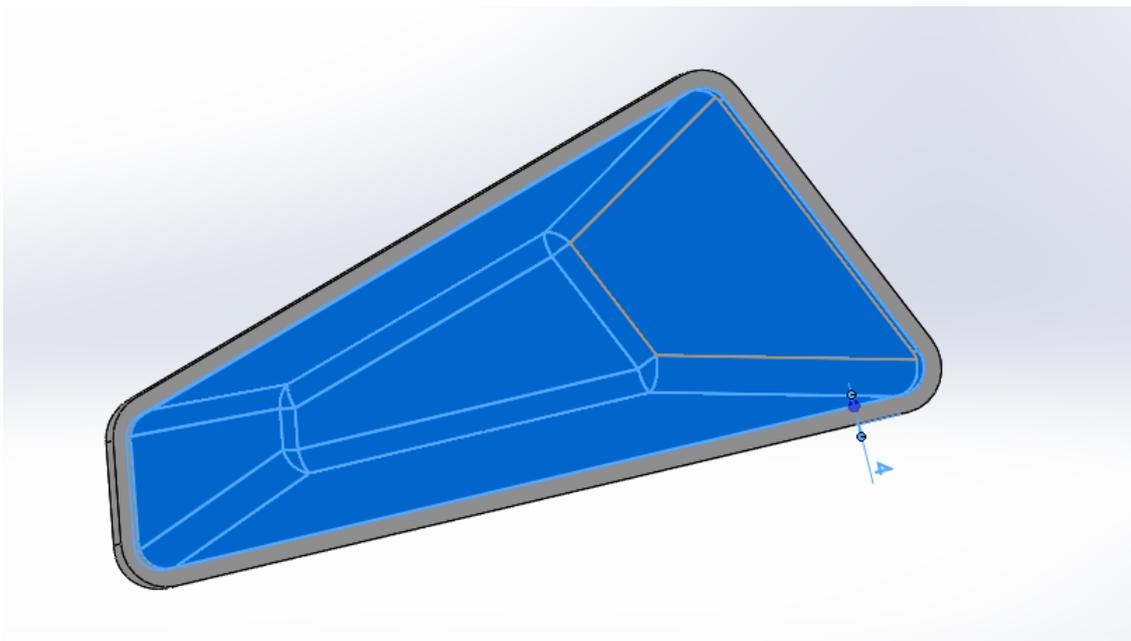


Figura IV. 10. Aplicación de la función de vaciado en la carcasa del retrovisor para obtener un espesor de pared de 4mm

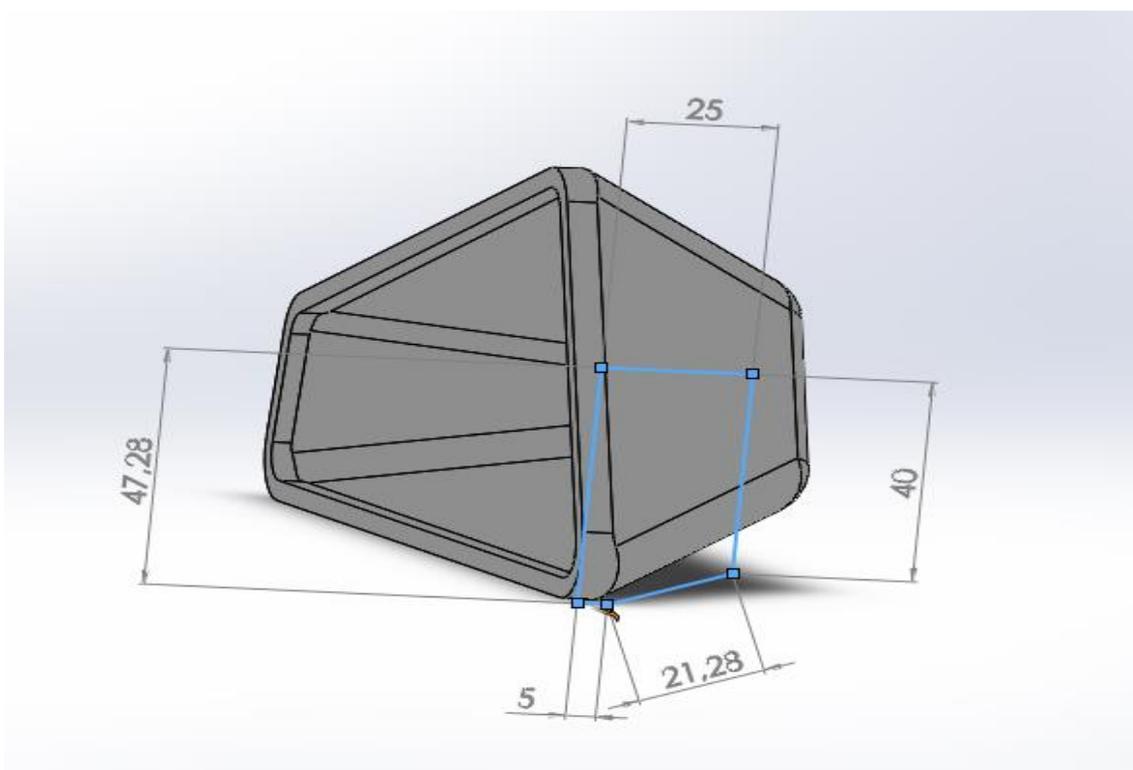
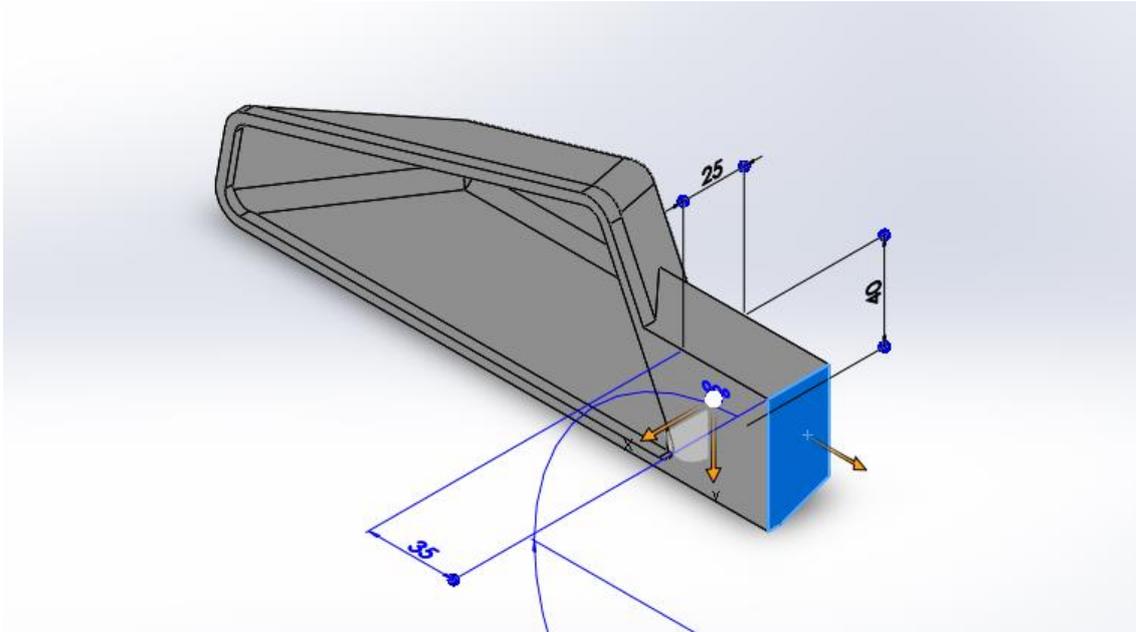
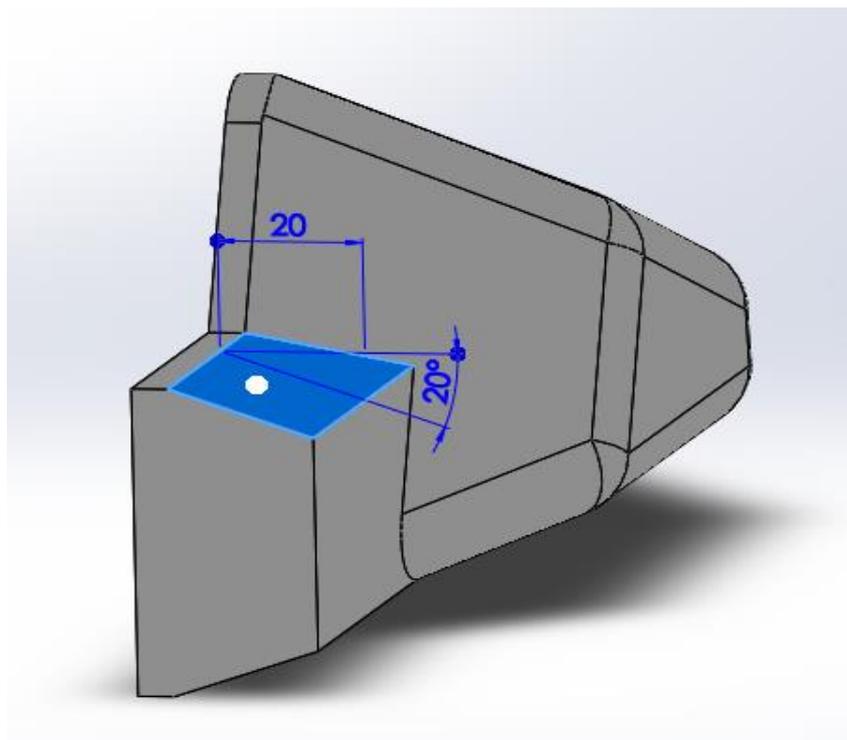


Figura IV. 11. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción del anclaje del retrovisor A.

## IV. Apéndices



**Figura IV. 12.** Vista del anclaje del retrovisor A después de aplicar una función de extrusión de 35 mm en la dirección z y en el eje -z hasta cortar con el plano de la base del retrovisor.



**Figura IV. 13.** Chaflán en la parte superior del anclaje.

## IV. Apéndices

---

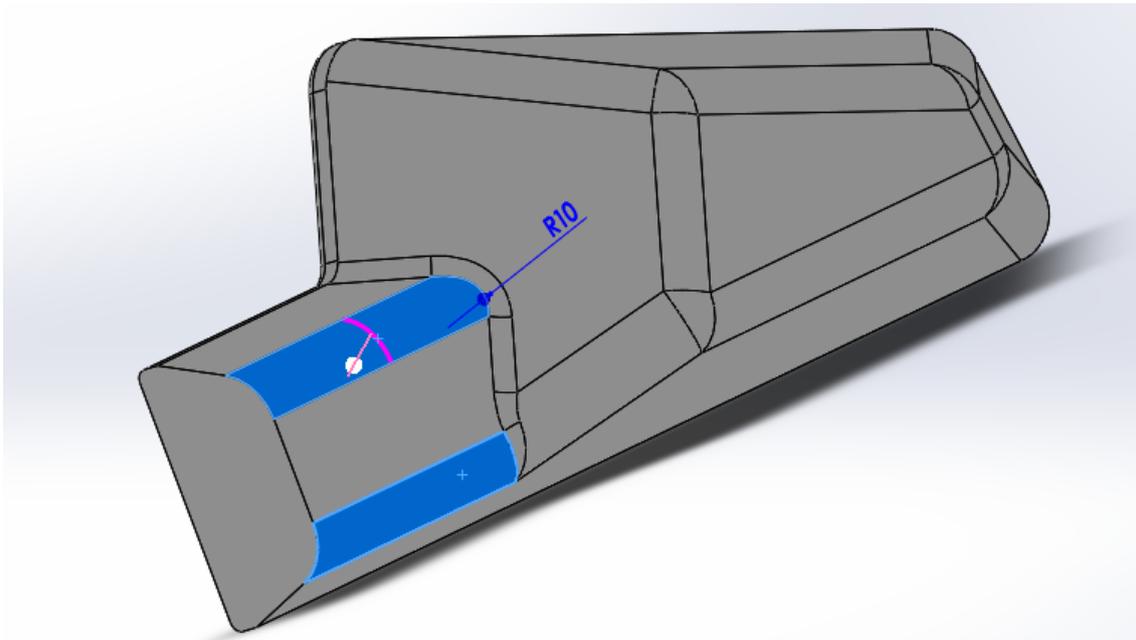


Figura IV. 14. Redondeo de la parte trasera del anclaje.

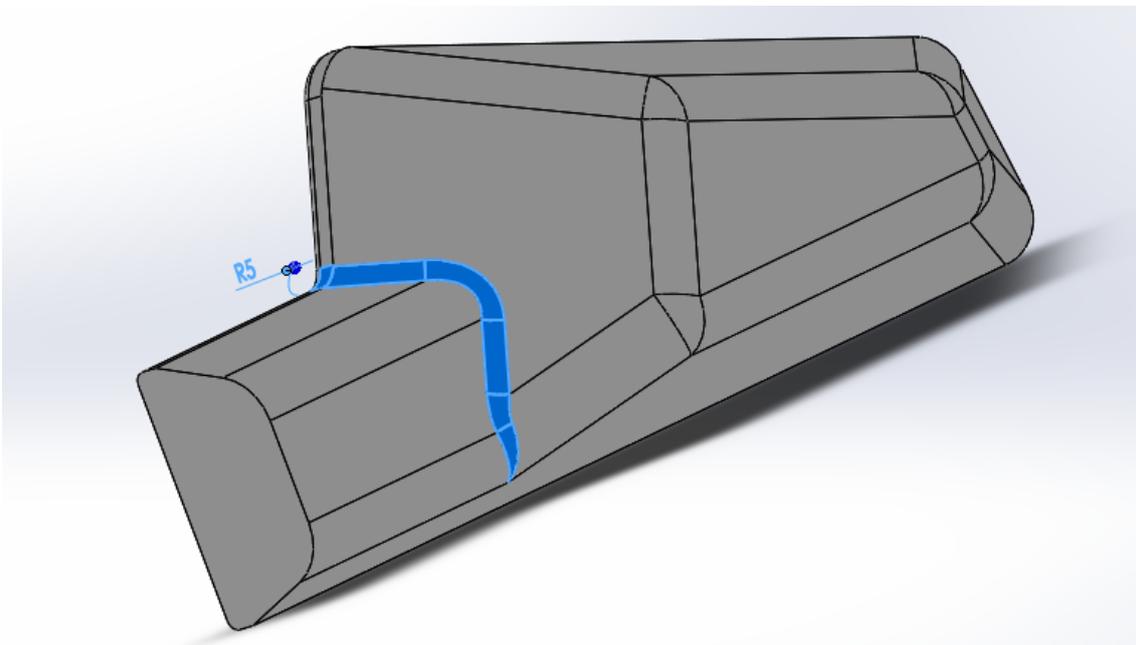


Figura IV. 15. Redondeo de la superficie de contacto retrovisor-anclaje.

## IV. Apéndices

---

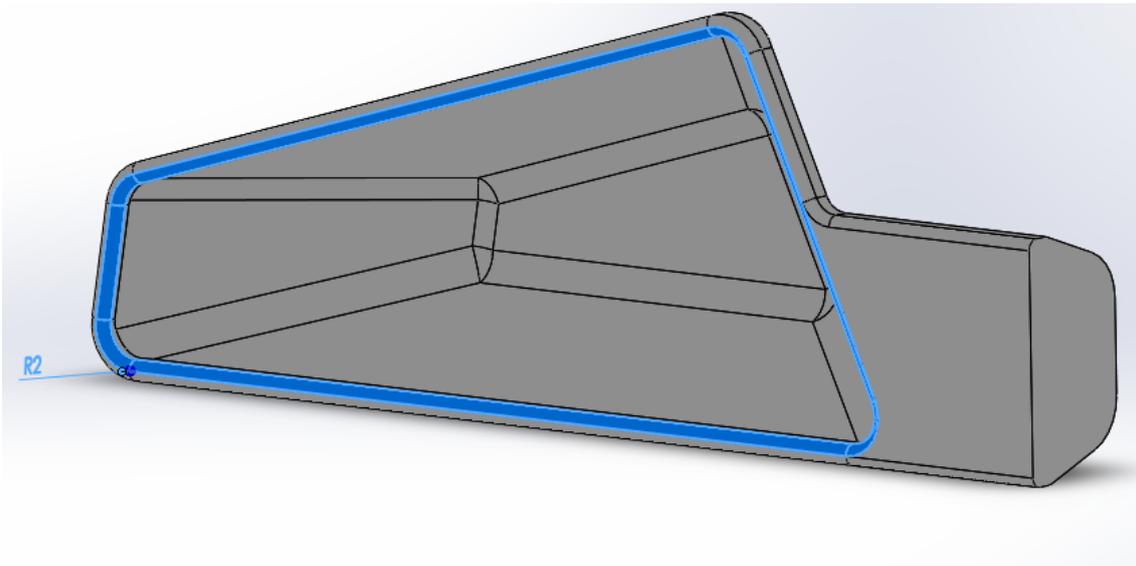


Figura IV. 16. Redondeo de 2 mm en el borde interior de la cara frontal del retrovisor.

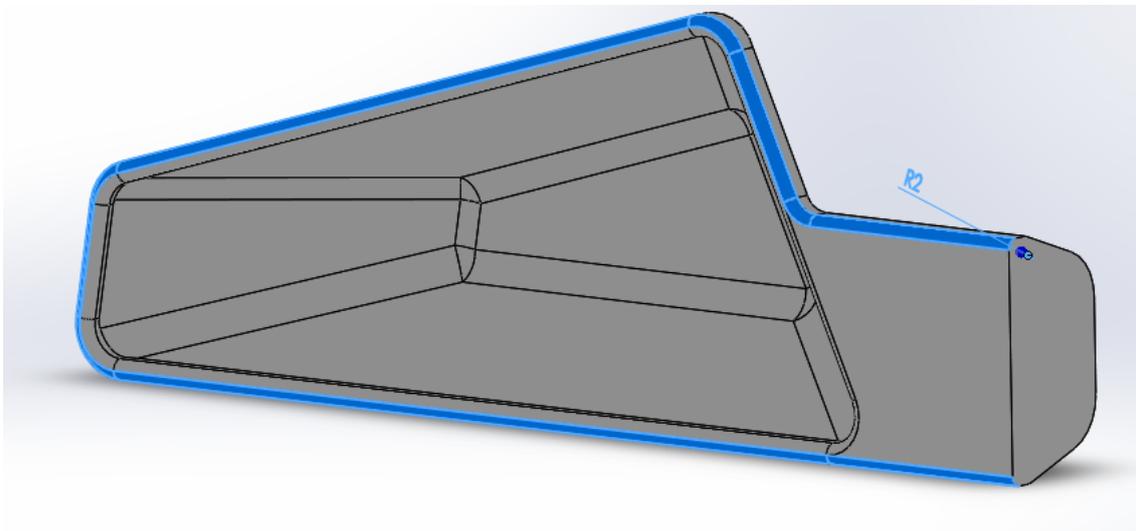


Figura IV. 17. Redondeo de 2 mm en el borde exterior de la cara frontal del retrovisor.

## IV. Apéndices

---

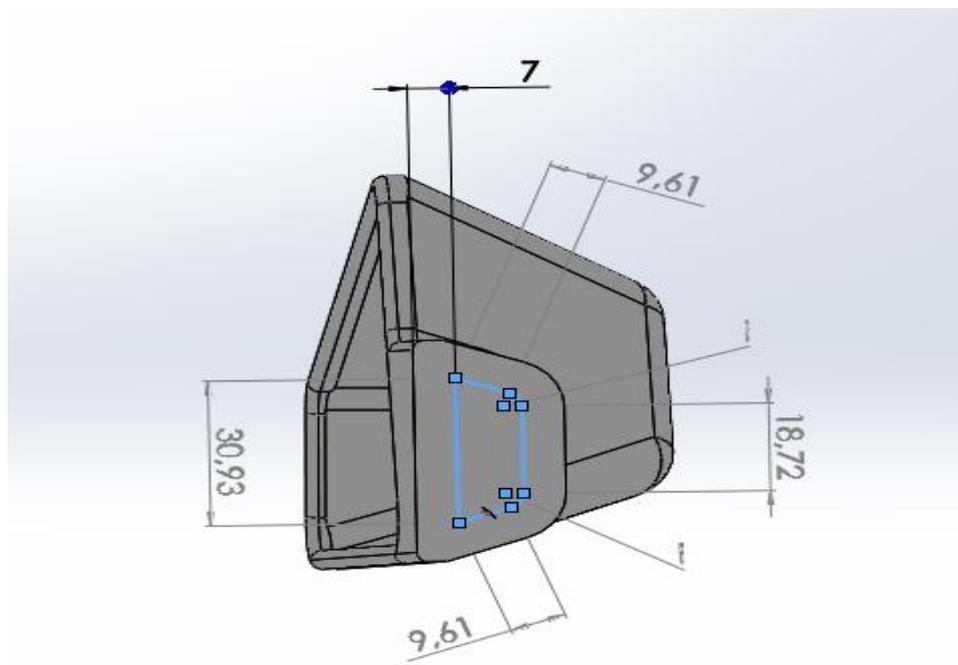


Figura IV. 18. Definición general de las dimensiones de forma para la función de vaciado para alojar cables o mecanismos.

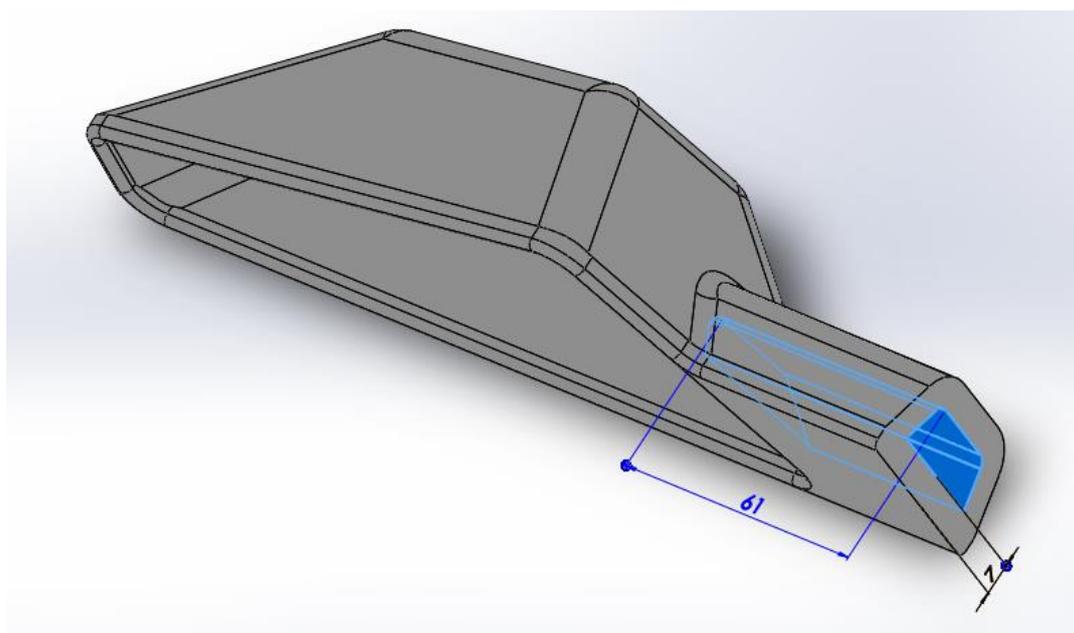


Figura IV. 19. Aplicación de la función de vaciado de 61 mm

## IV. Apéndices

---

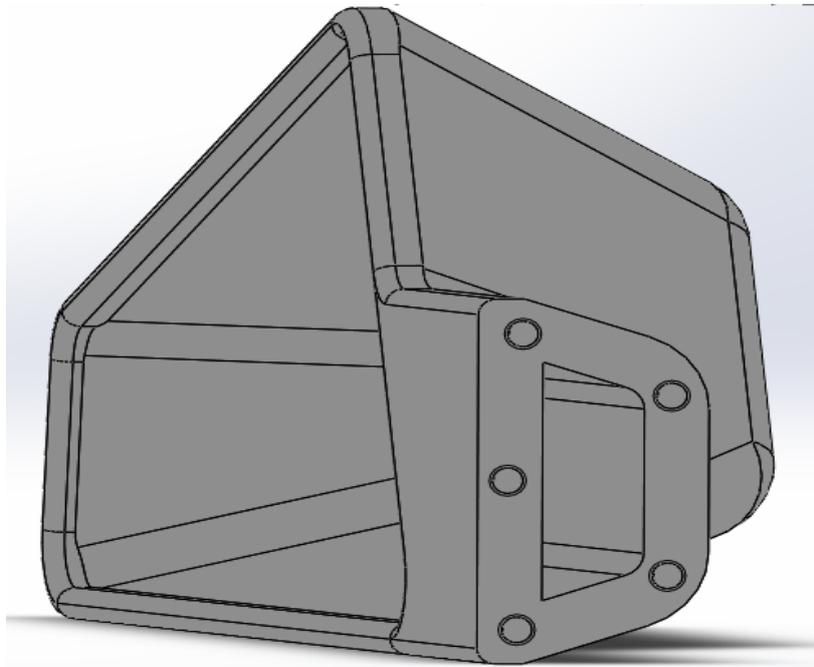


Figura IV. 20. Disposición geométrica de los tornillos de anclaje.

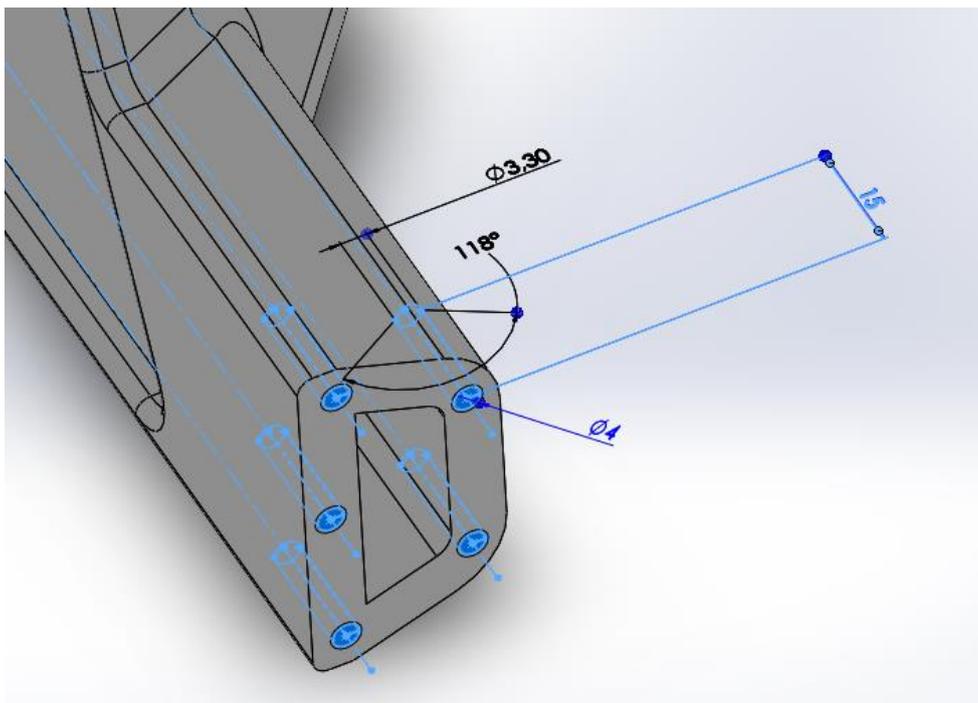


Figura IV. 21. Aplicación de la función taladro roscado de métrica 4 mm por 15 mm de profundidad.

## IV. Apéndices

### Diseño retrovisor B.

La configuración de este diseño consta de dos superficies de anclaje.

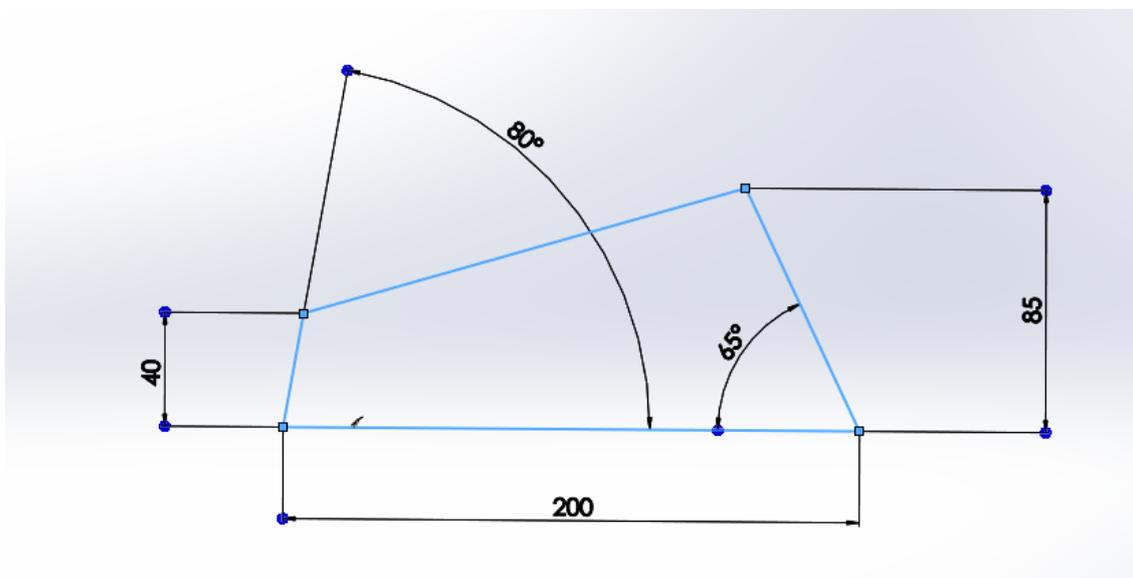


Figura IV. 22. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción de la base del retrovisor.

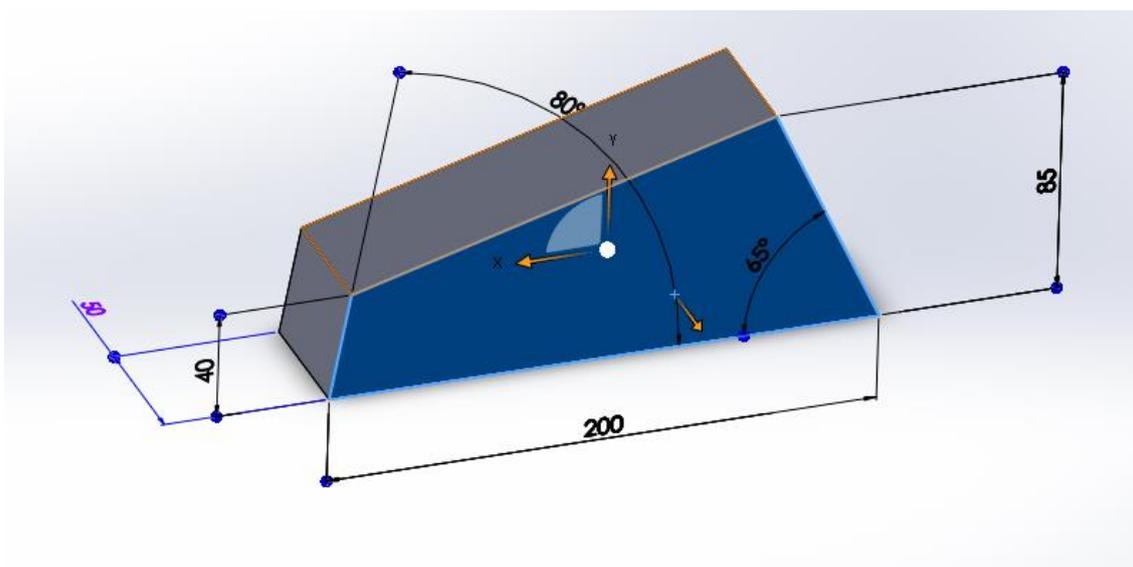


Figura IV. 23. Vista de la base del retrovisor después de aplicar una función de extrusión de  $50$  mm en la dirección  $-z$

## IV. Apéndices

---

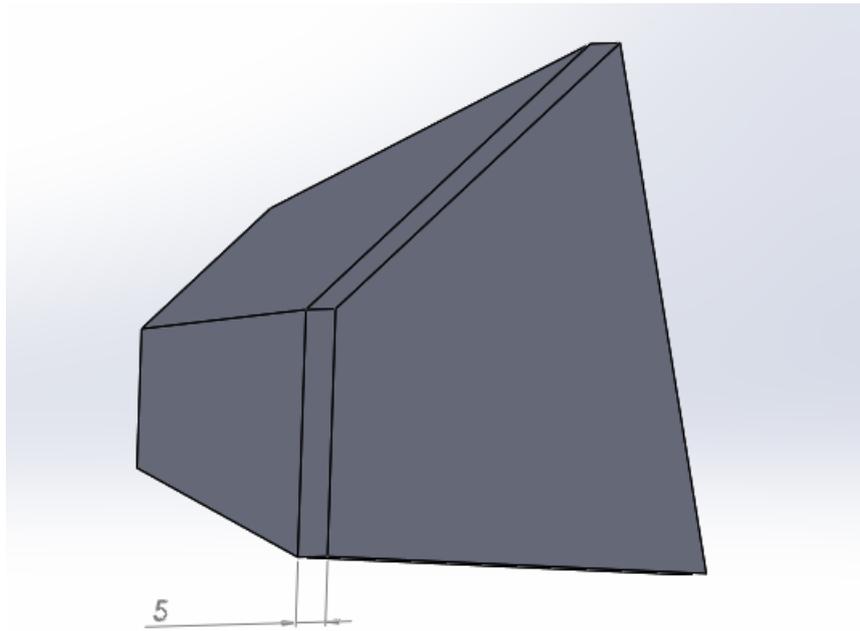


Figura IV. 24. Borde para aplicar chaflanes en las cuatro caras de la base.

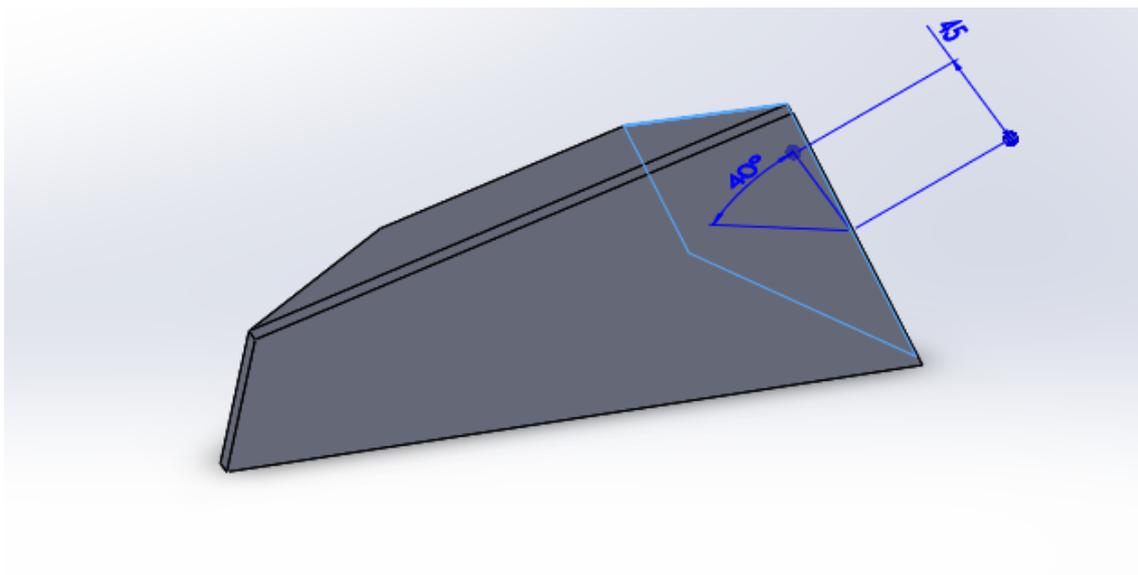


Figura IV. 25. Primer chaflán en el plano del anclaje.

## IV. Apéndices

---

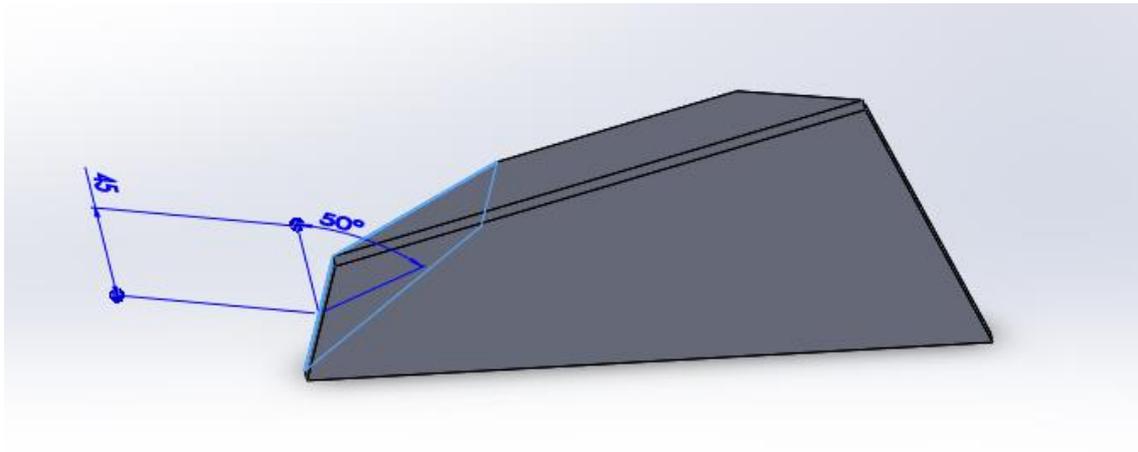


Figura IV. 26. Segundo chaflán en el plano opuesto al anclaje.

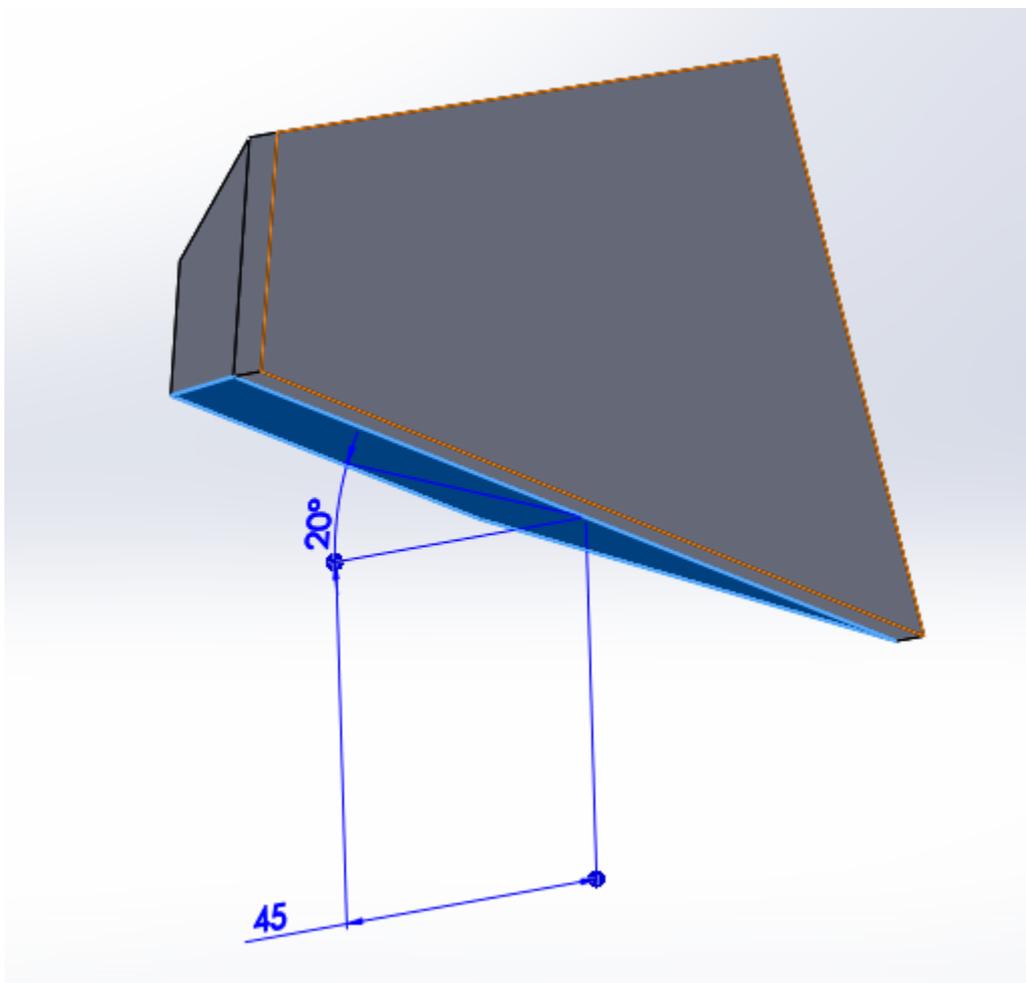


Figura IV. 27. Tercer chaflán en la base del retrovisor.

## IV. Apéndices

---

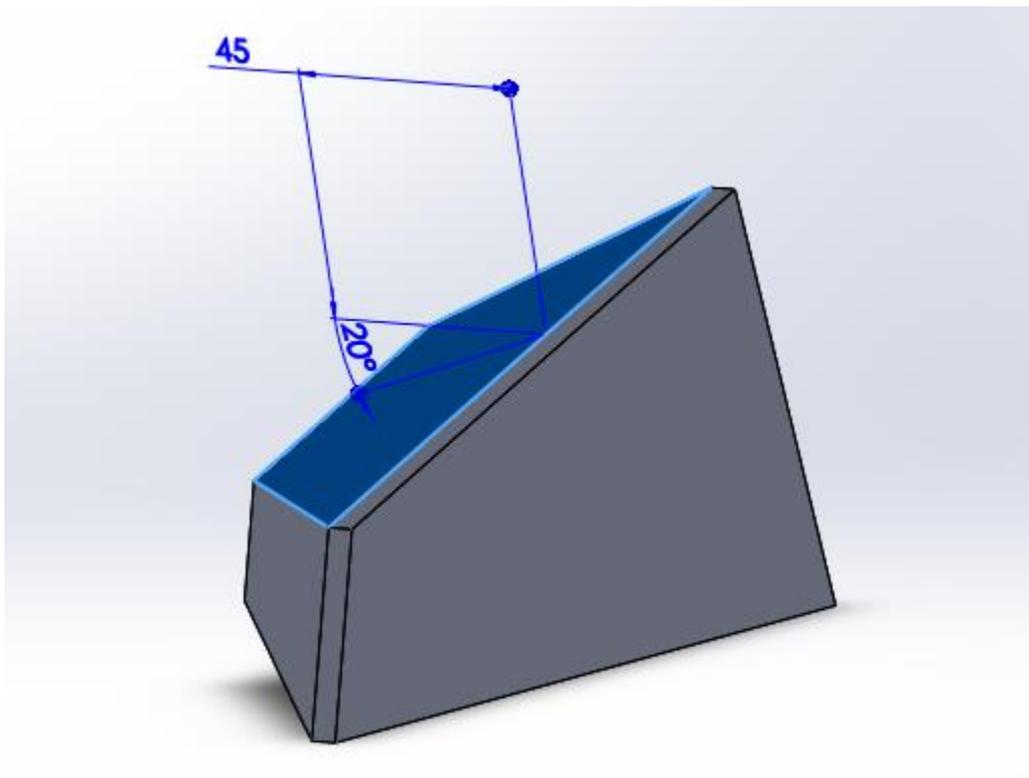


Figura IV. 28. Cuarto chaflán en el plano opuesto a la base del retrovisor.

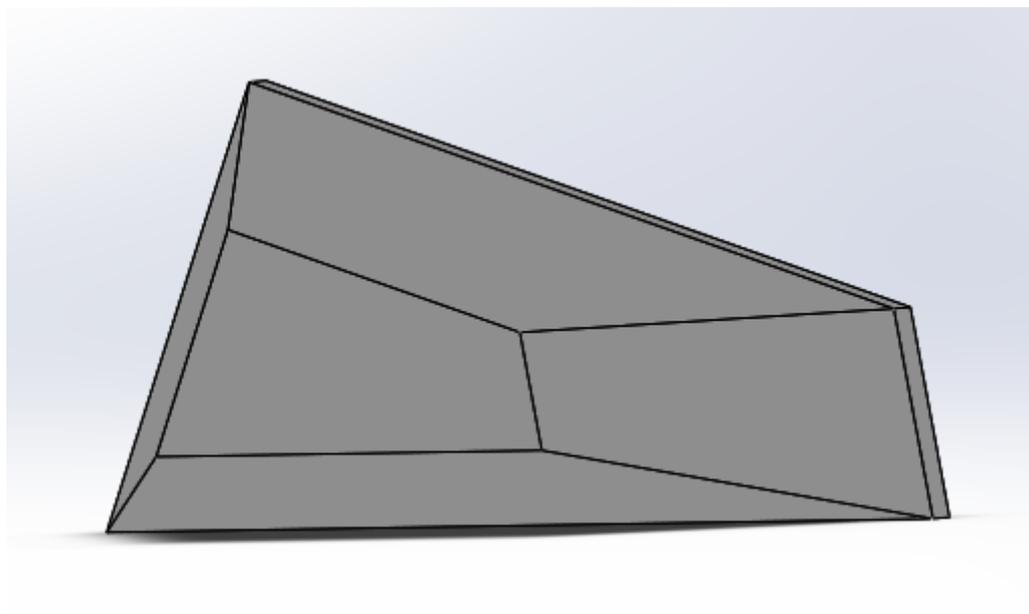


Figura IV. 29. Vista trasera retrovisor tras aplicar chaflanes.

## IV. Apéndices

---

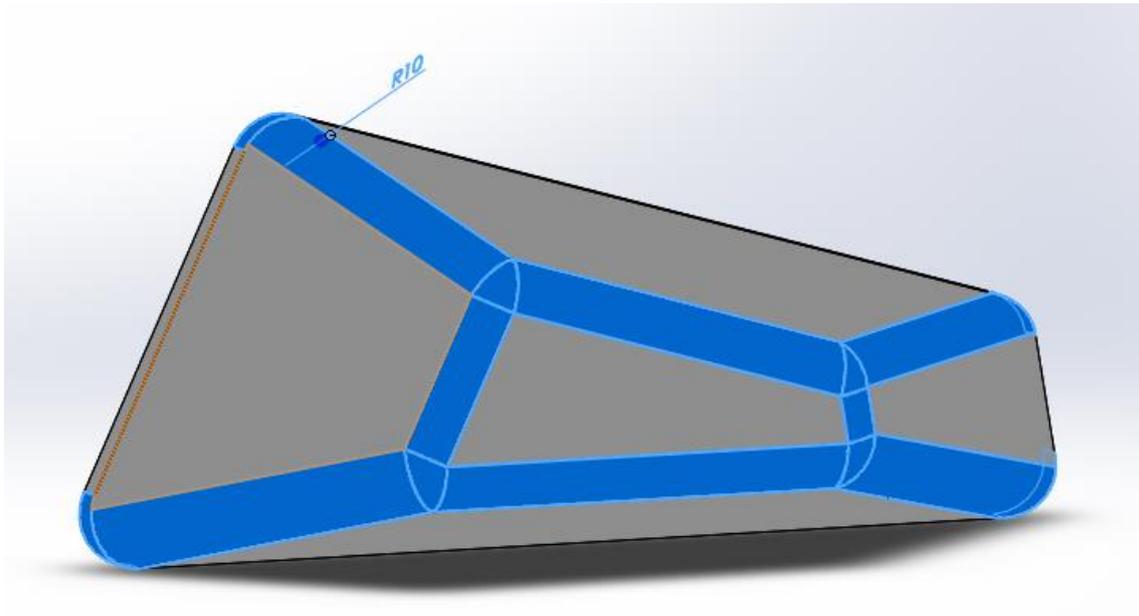


Figura IV. 30. Redondeo parte trasera.

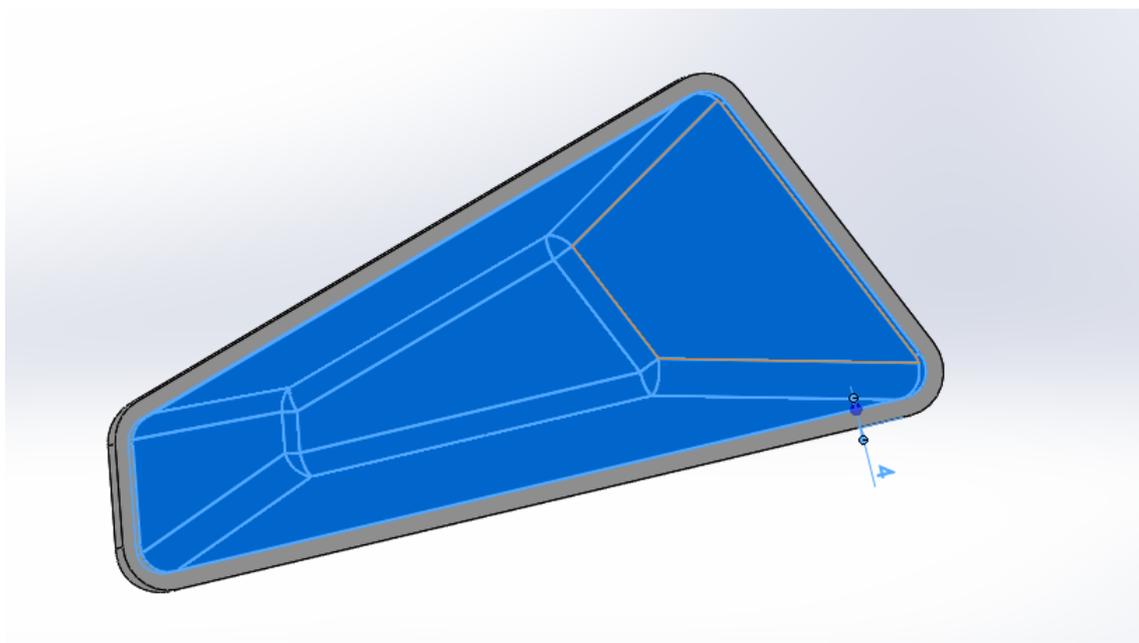


Figura IV. 31. Aplicación de la funión de vaciado en la carcasa del retrovisor para obtener un espesor de pared de 4mm

## IV. Apéndices

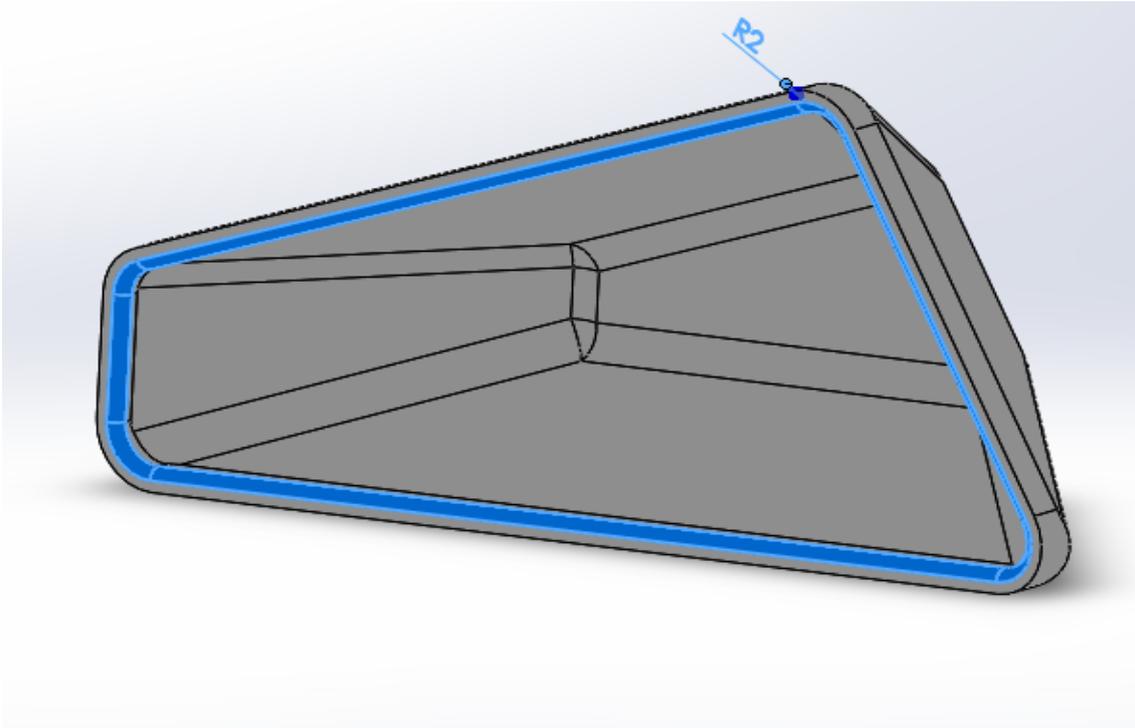


Figura IV. 32. Redondeo de 2 mm en el borde interior de la cara frontal del retrovisor.

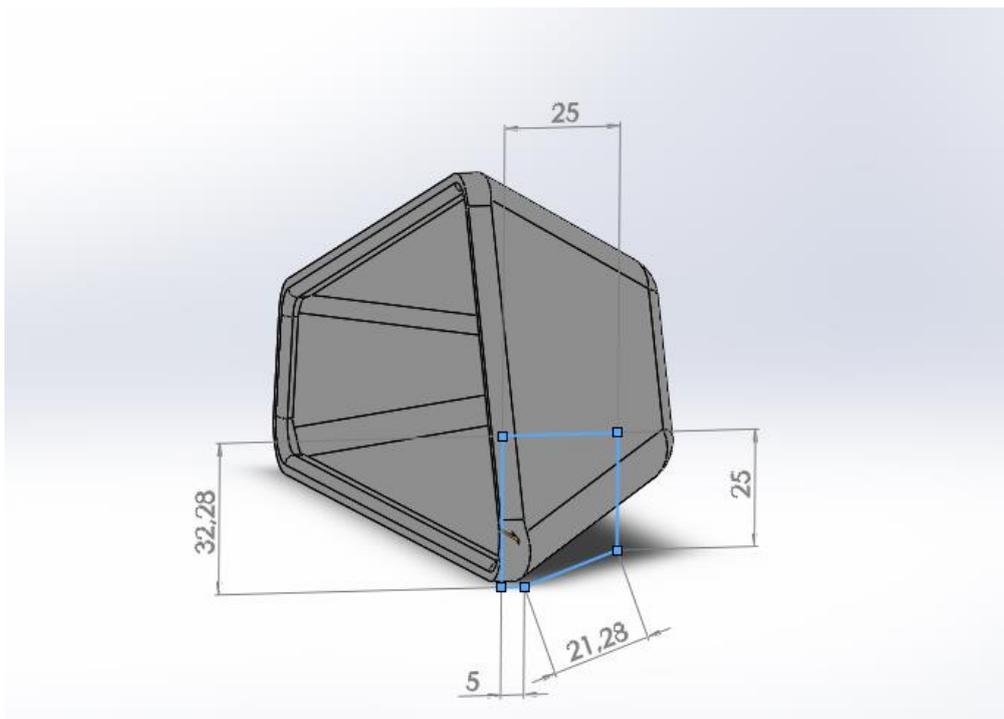


Figura IV. 33. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción del anclaje inferior del retrovisor B.

## IV. Apéndices

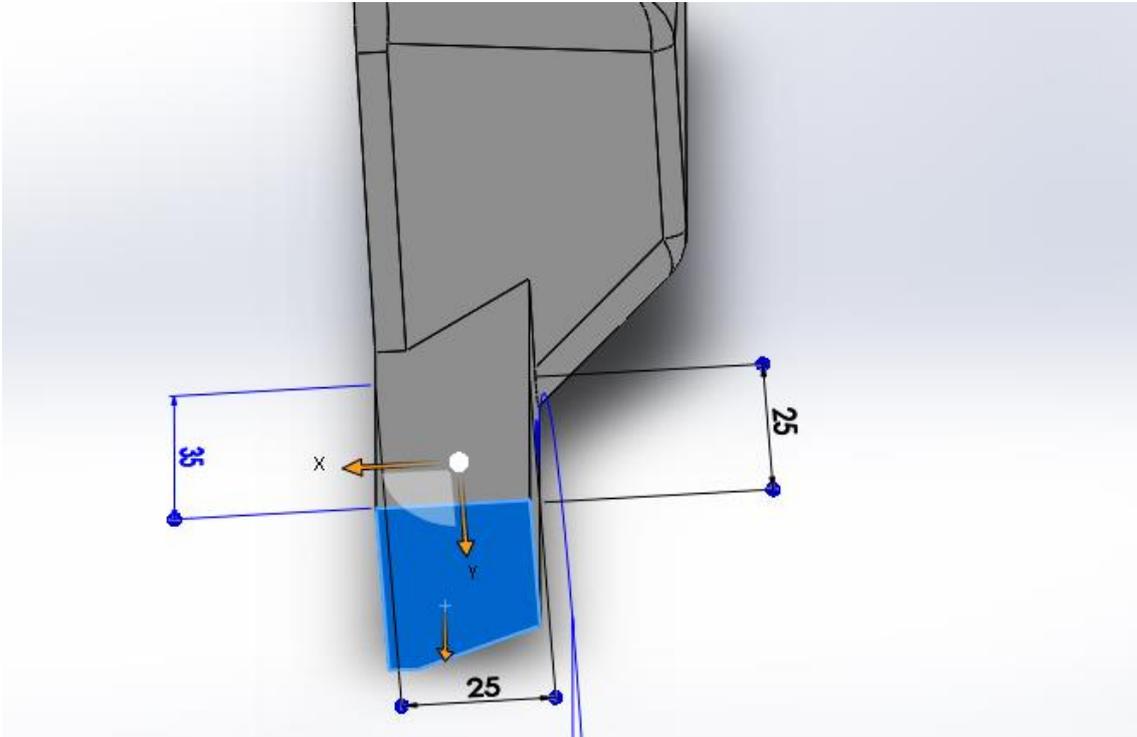


Figura IV. 34. Vista del anclaje inferior del retrovisor B después de aplicar una función de extrusión de 35 mm en la dirección z y en el eje -z hasta cortar con el plano de la base del retrovisor.

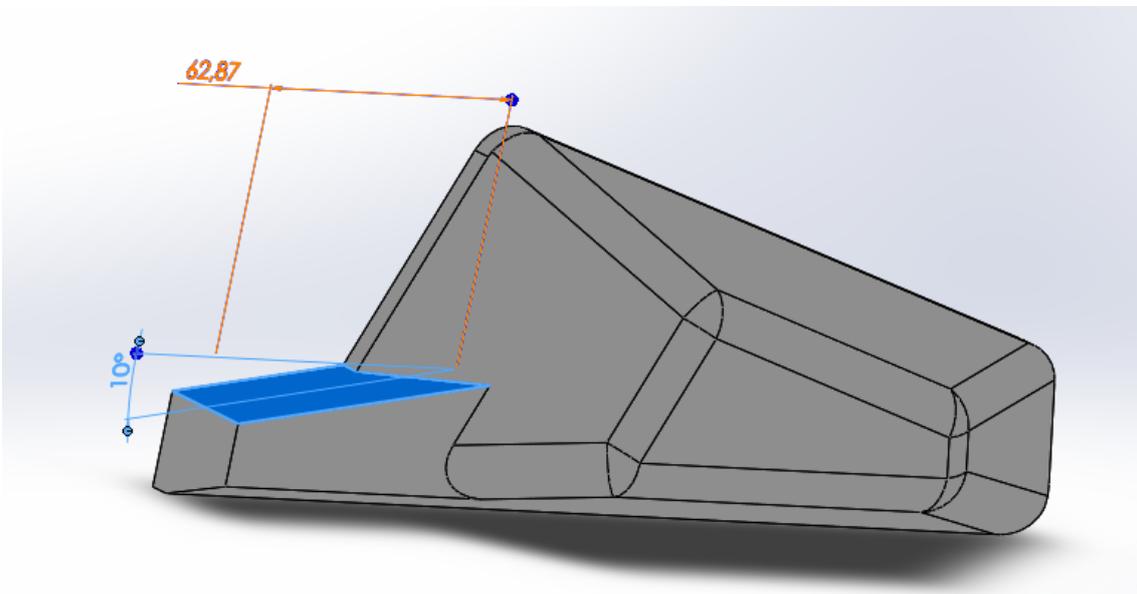


Figura IV. 35. Chaflán en la parte superior del anclaje inferior de 10° y 62.87 mm de longitud.

## IV. Apéndices

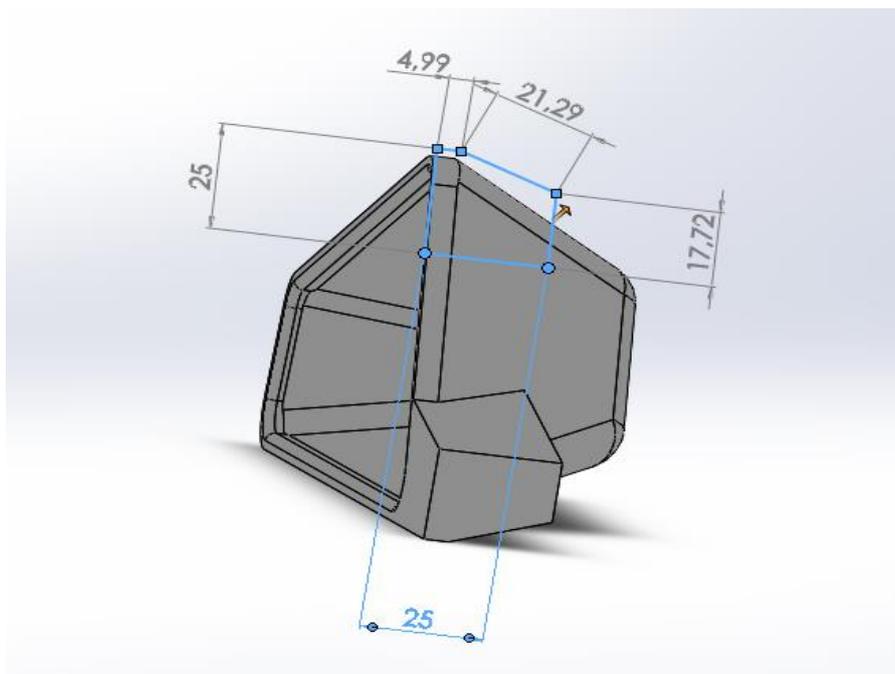


Figura IV. 36. Definición general de las dimensiones de forma para la construcción del anclaje superior del retrovisor B.

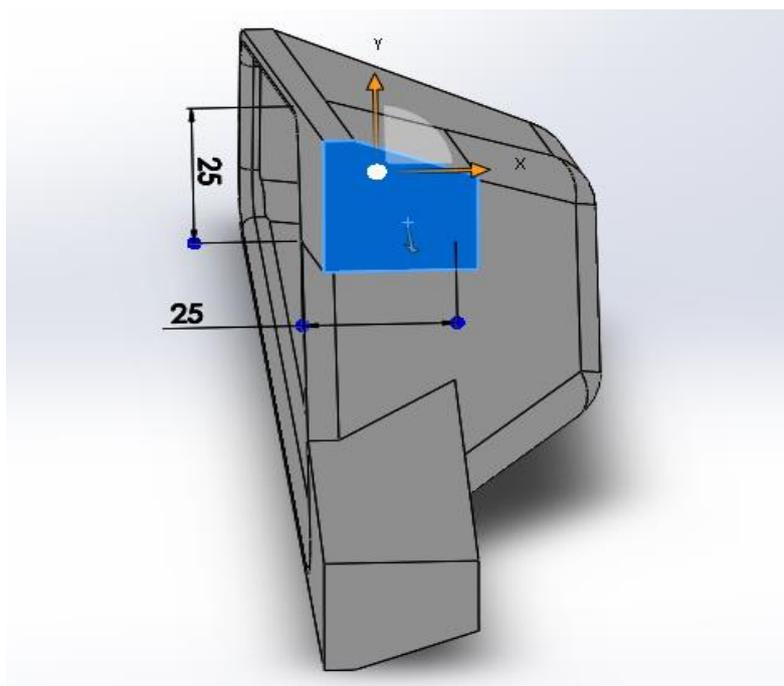


Figura IV. 37. Vista del anclaje superior del retrovisor B después de aplicar una función de extrusión de 77.68 mm en la dirección z

## IV. Apéndices

---

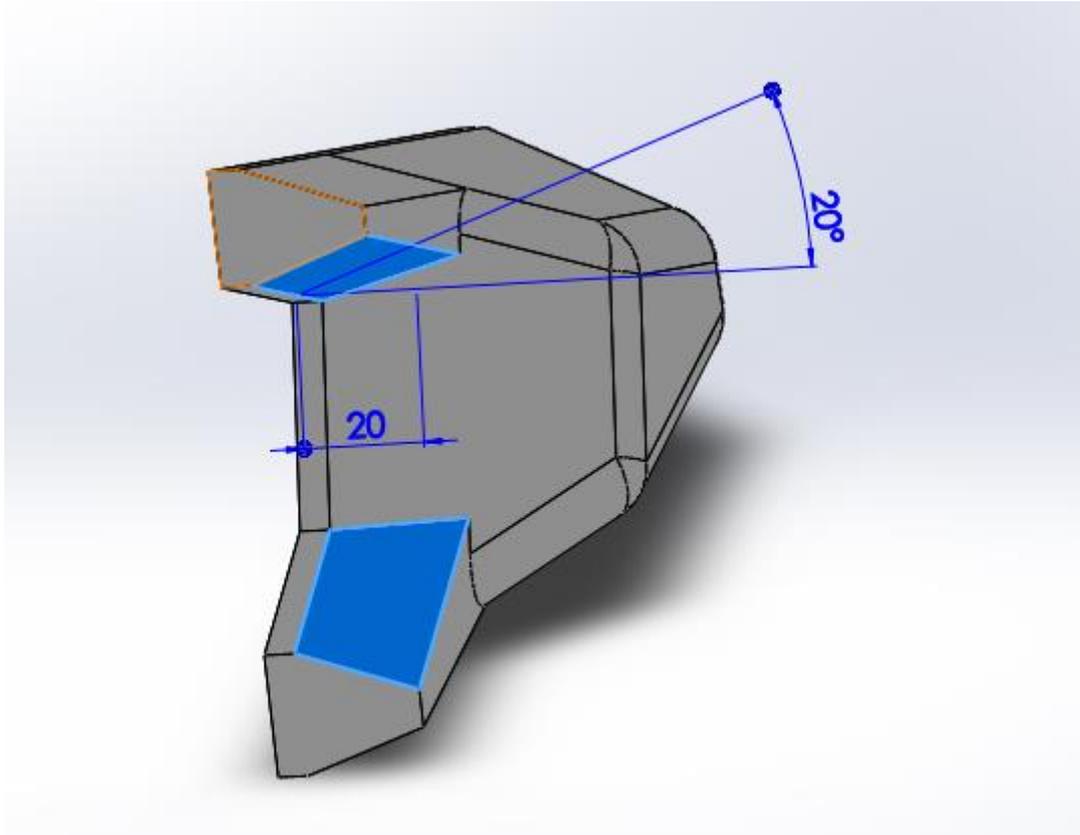


Figura IV. 38. Chaflán en la parte inferior del anclaje superior de 20° y 20 mm de longitud.

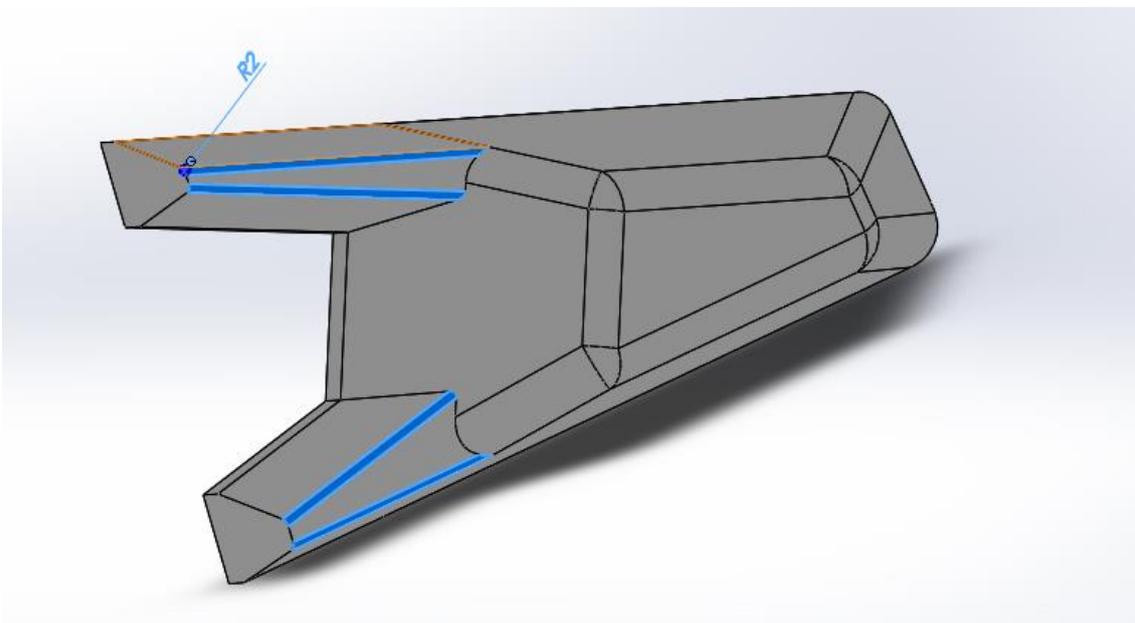


Figura IV. 39. Redondeo de la parte trasera de los anclajes.

## IV. Apéndices

---

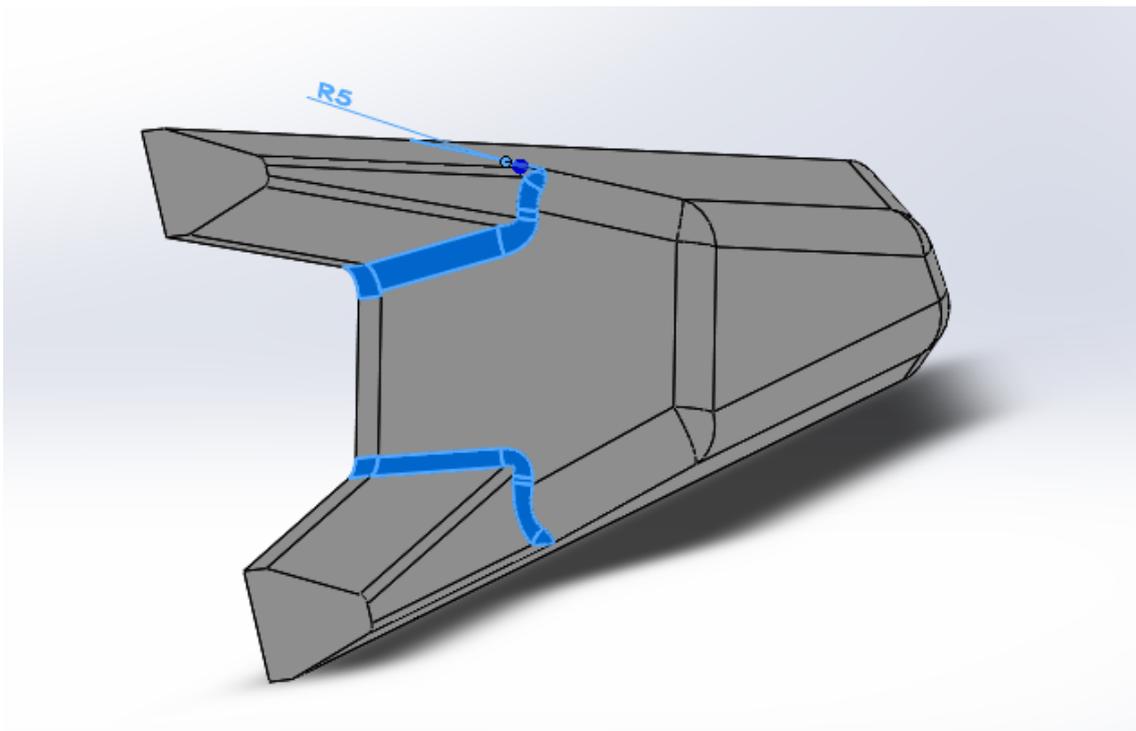


Figura IV. 40. Redondeo de las superficies de contacto retrovisor-anclajes.

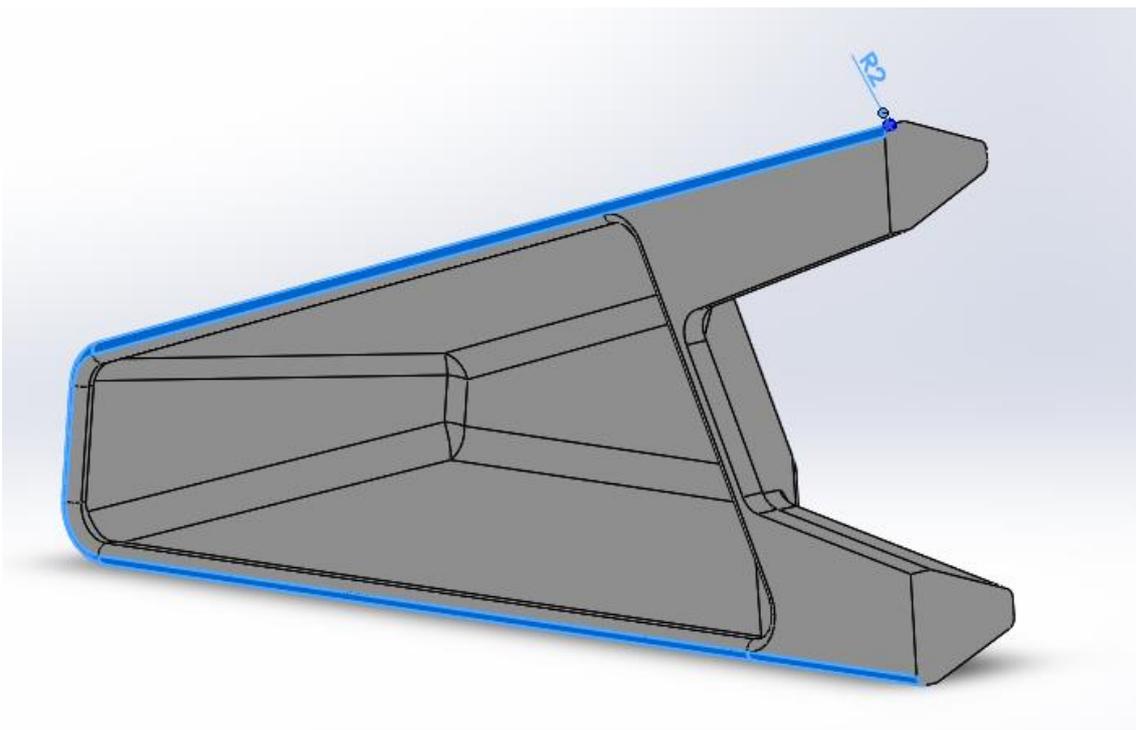
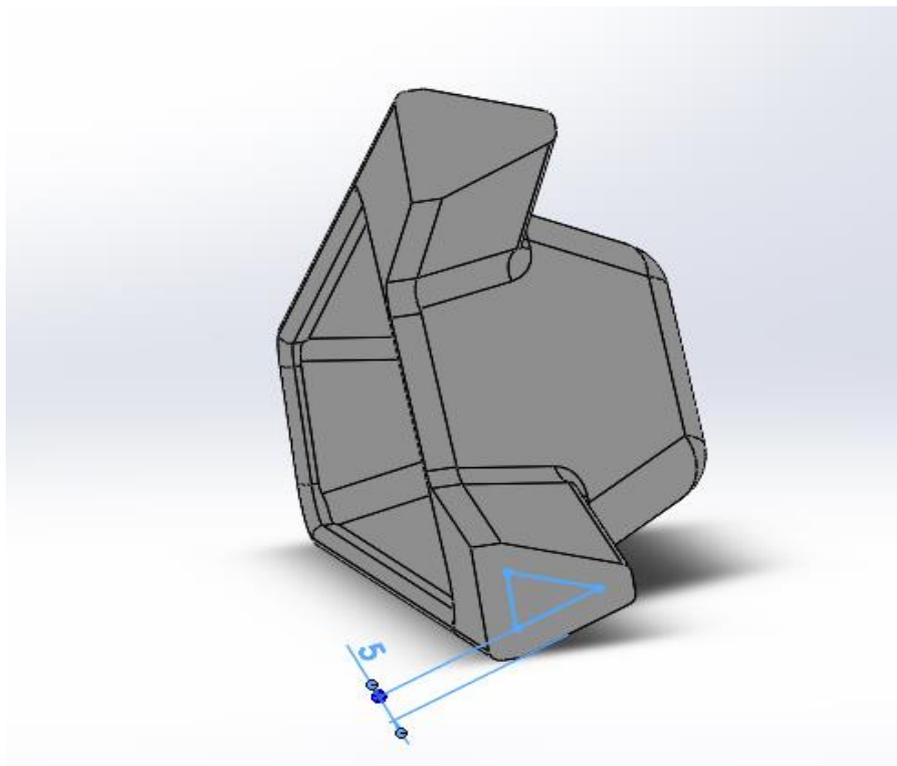


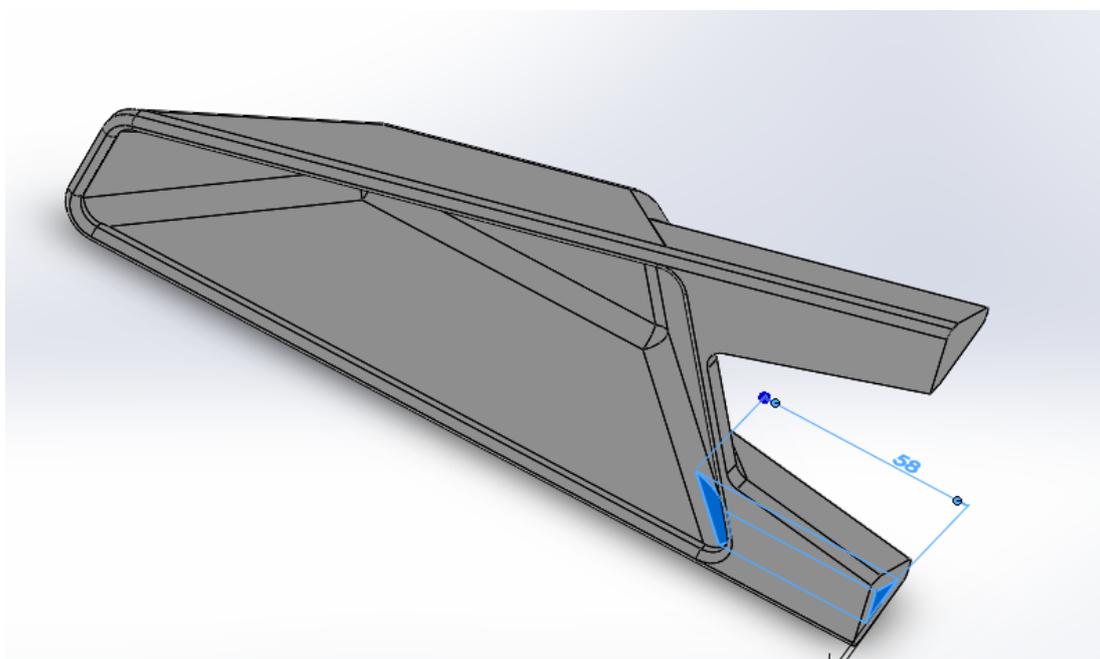
Figura IV. 41. Redondeo de 2 mm en el borde exterior de la cara frontal del retrovisor.

## IV. Apéndices

---



**Figura IV. 42.** Definición de las dimensiones de forma para la función de vaciado en el anclaje inferior para alojar cables o mecanismos.



**Figura IV. 43.** Aplicación de la función de vaciado de 58 mm

## IV. Apéndices

---

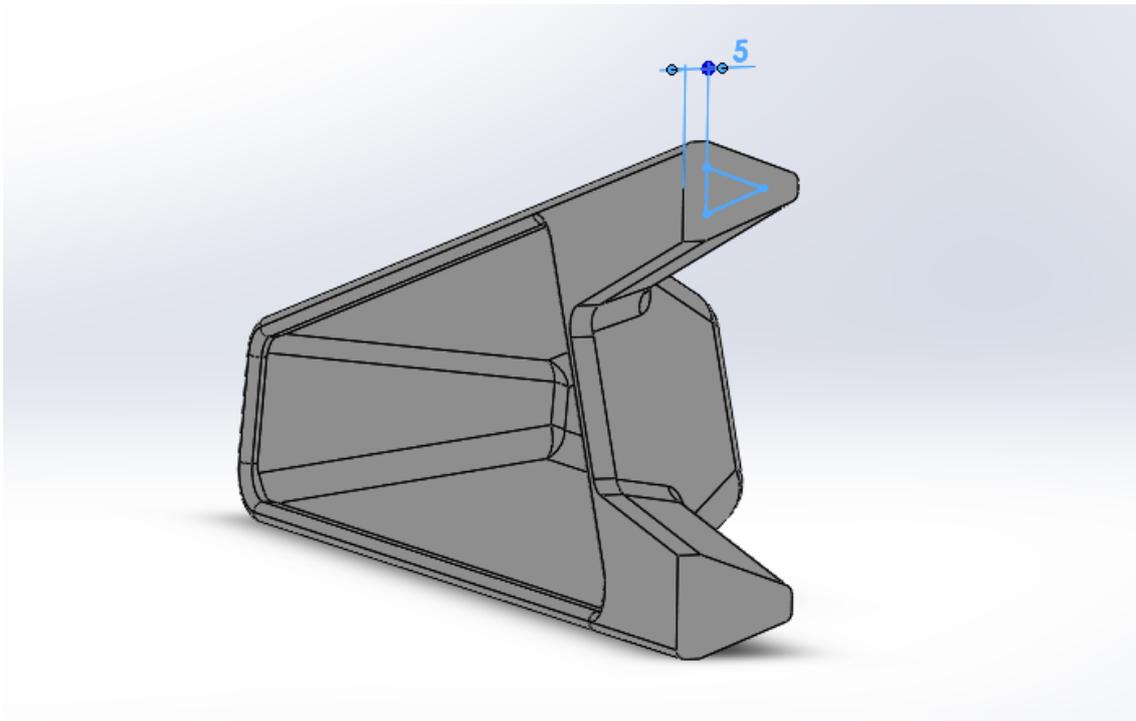


Figura IV. 44. Definición de las dimensiones de forma para la función de vaciado en el anclaje superior para alojar cables o mecanismos.

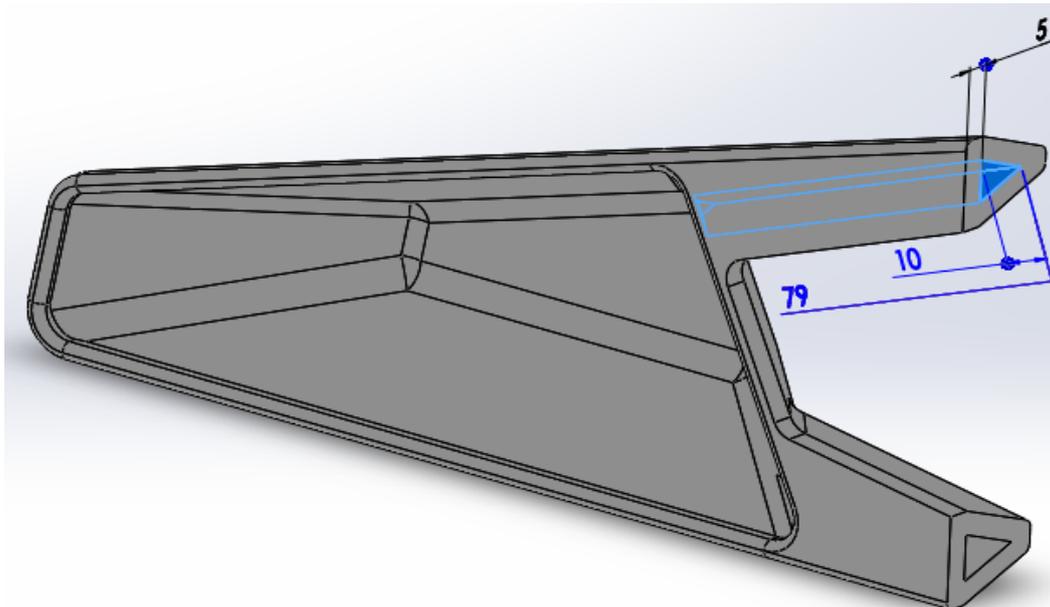


Figura IV. 45. Aplicación de la función de vaciado de 79 mm

## IV. Apéndices

---

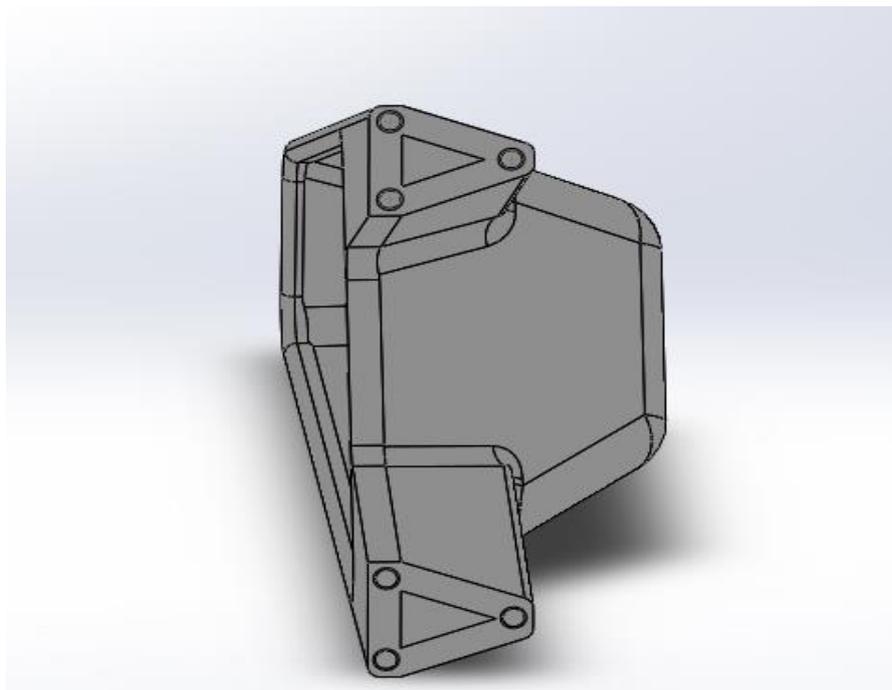


Figura IV. 46. Disposición geométrica de los tornillos de los anclajes.

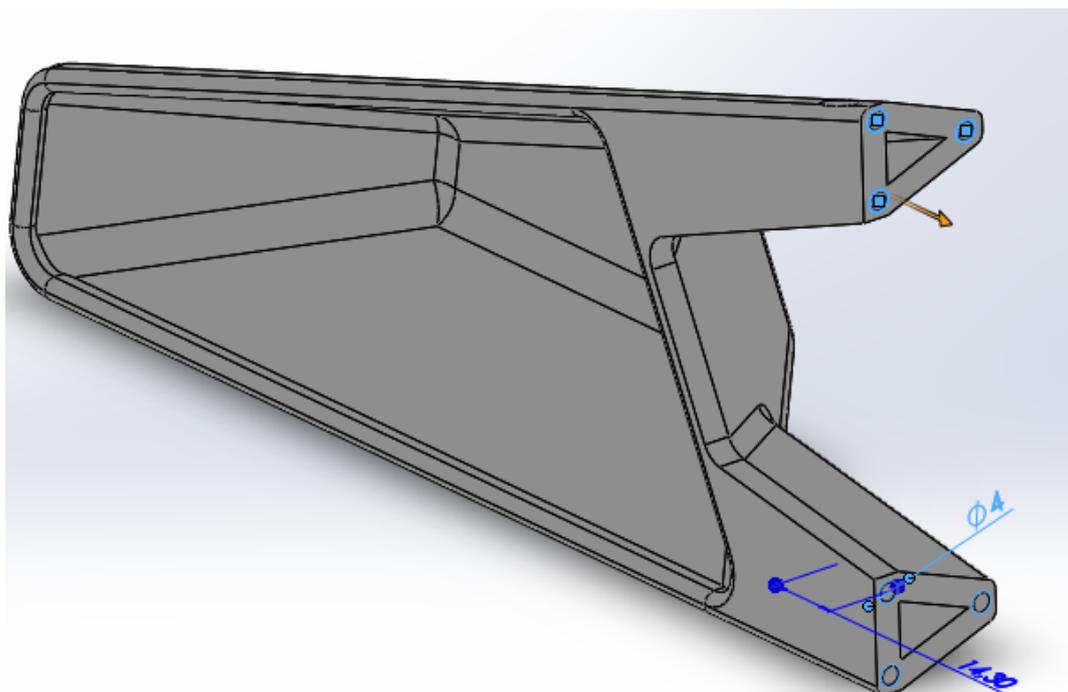


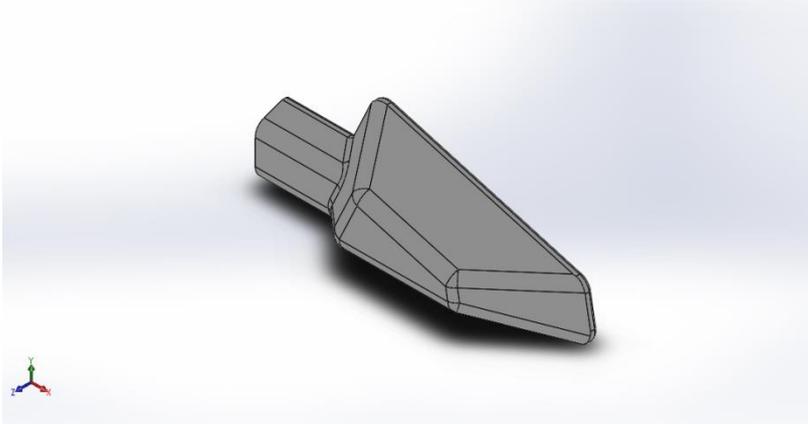
Figura IV. 47. Aplicación de la función taladro roscado de métrica 4 mm por 14.30 mm de profundidad en ambos anclajes.

### **Apéndice IV.3. Informes de simulación de cargas aerodinámicas y de cargas puntuales en ambos sistemas de anclaje.**

## IV. Apéndices

---

### Informe de simulación carga aerodinámica retrovisor A.



#### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor A ABS 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis aerodinámico  
Retrovisor A

Tipo de análisis: Análisis estático

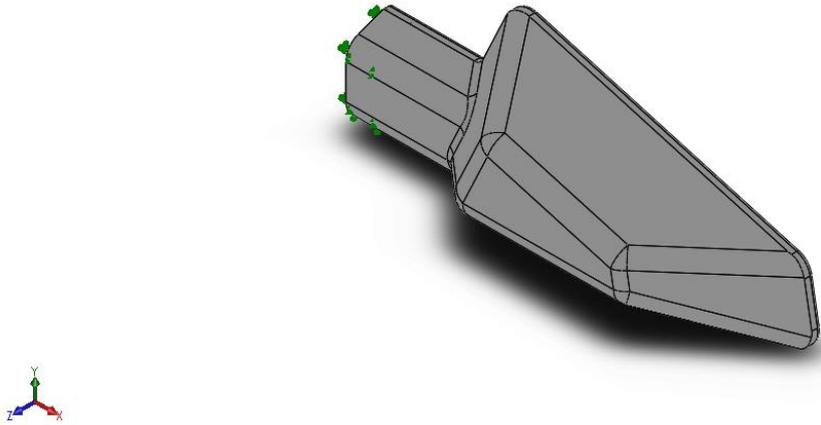
### Tabla de contenidos

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....                                 | 151                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....¡Error! Marcador no definido.   |                               |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....                       | 152                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....                      | 154                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                                    | 155                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> .....                     | 155                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....                         | 156                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ¡Error! Marcador no def  |                               |
| <a href="#">Información de contacto</a> ¡Error! Marcador no defi  |                               |
| <a href="#">Información de malla</a> .....                        | 157                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> ¡Error! Marcador no definido. |                               |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....                         | 159                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                                       | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....                      | 160                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....                                  | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

---

### Información de modelo

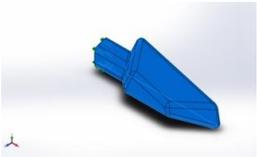


Nombre del modelo: Retrovisor A ABS 3mm  
Configuración actual: Predeterminado

| Sólidos                          |              |                          |   |
|----------------------------------|--------------|--------------------------|---|
| Nombre de documento y referencia | Tratado como | Propiedades volumétricas | Ruta al documento/Fecha de modificación |
|                                  |              |                          |   |

## IV. Apéndices

---

|  |               |   |  |
|--|---------------|---|--|
| <p>Taladro roscado<br/>M48</p>  | <p>Sólido</p> | <p>Masa:0.0993144 kg<br/>Volumen:9.7367e-005 m<sup>3</sup><br/>Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup><br/>Peso:0.973281 N</p> | <p>C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas aerodinámica\Nuevo A en ABS\Retrovisor A ABS 3mm.SLDPRT</p> <p>Jul 18 12:59:21 2020</p> |
|--|---------------|---|--|

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

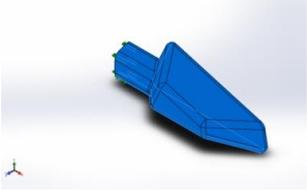
|   |   |
|---|---|
| Nombre de estudio   | Análisis aerodinámico Retrovisor A  |
| Tipo de análisis  | Análisis estático   |
| Tipo de malla   | Malla sólida  |
| Efecto térmico:   | Activar   |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas   |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin  |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Activar   |
| Tipo de solver  | FFEPlus   |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar  |
| Muelle blando:  | Desactivar  |
| Desahogo inercial:  | Desactivar  |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático  |
| Gran desplazamiento   | Desactivar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar   |
| Fricción  | Desactivar  |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar  |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas aerodinámica\Nuevo A en ABS) |

## IV. Apéndices

### Unidades

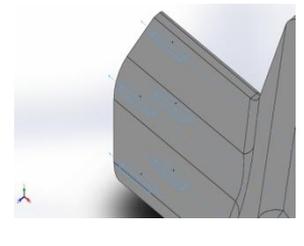
|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades  | Componentes   |
|---|--|---|
|  | <p>Nombre: ABS</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2.03e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 3e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.394</p> <p>Densidad: 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p> | Sólido 1(Taladro roscado M48)(Retrovisor A ABS 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |  |   |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción         | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |         |            |
|----------------------------|---|--|---------|------------|
| <b>Fijo-1</b>              |  | <b>Entidades: 5 cara(s)</b><br><b>Tipo: Geometría fija</b> |         |            |
| <b>Fuerzas resultantes</b> |   |  |         |            |
| Componentes                | X   | Y  | Z       | Resultante |
| Fuerza de reacción(N)      | -1.13671  | 1.75636  | 37.2347 | 37.2934    |
| Momento de reacción(N.m)   | 0   | 0  | 0       | 0          |

## IV. Apéndices

---

### Información de malla

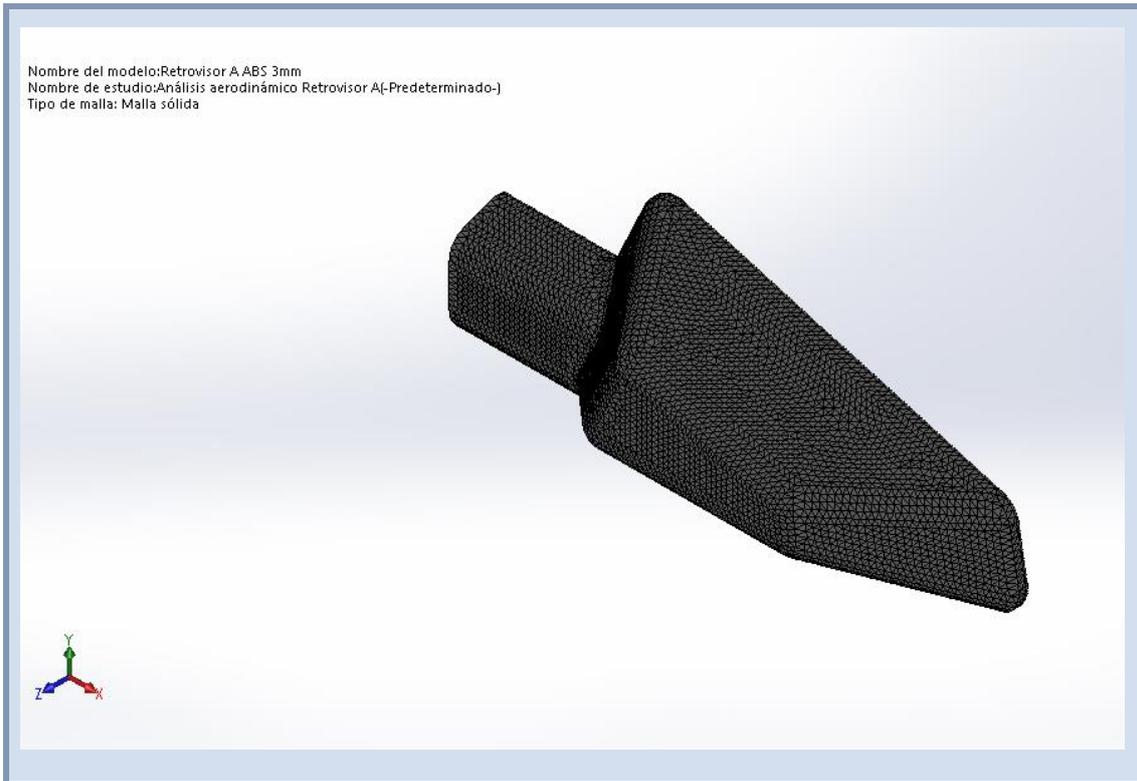
|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.32471 mm                          |
| Tolerancia                           | 0.116235 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 100758     |
| Número total de elementos                       | 60329      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 9.6903     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.7       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0          |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:05   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices

---



## IV. Apéndices

---

### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X    | Sum Y   | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|----------|---------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | -1.13671 | 1.75636 | 37.2347 | 37.2934    |

#### Momentos de reacción

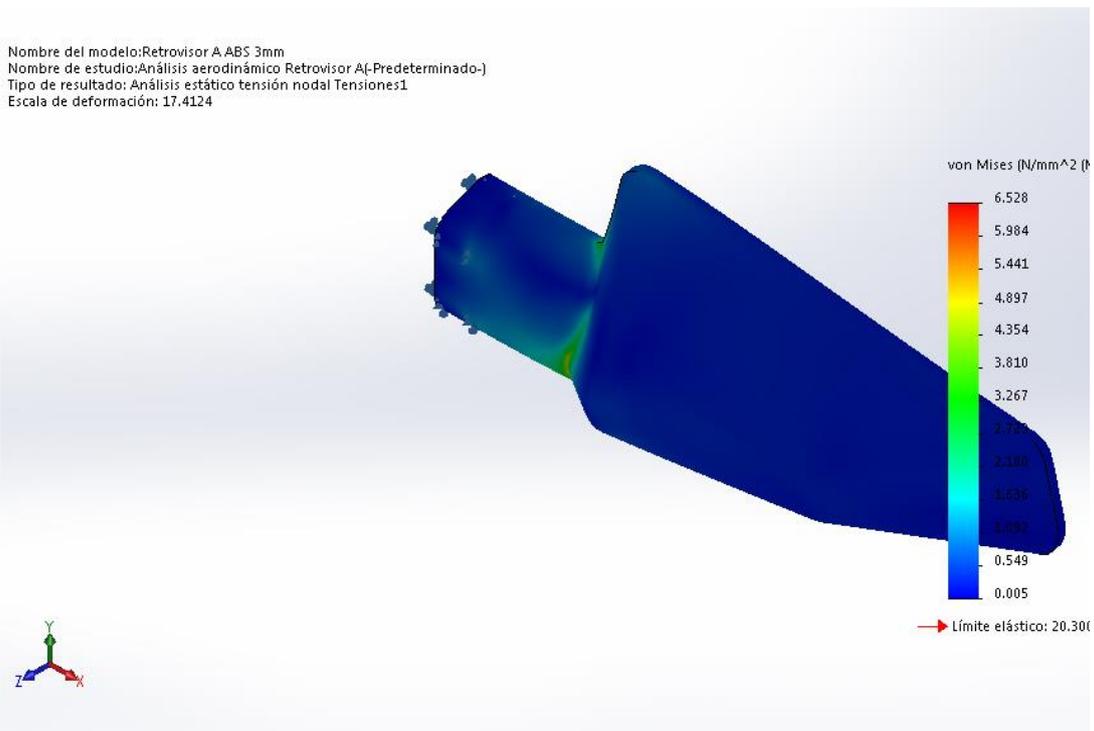
| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

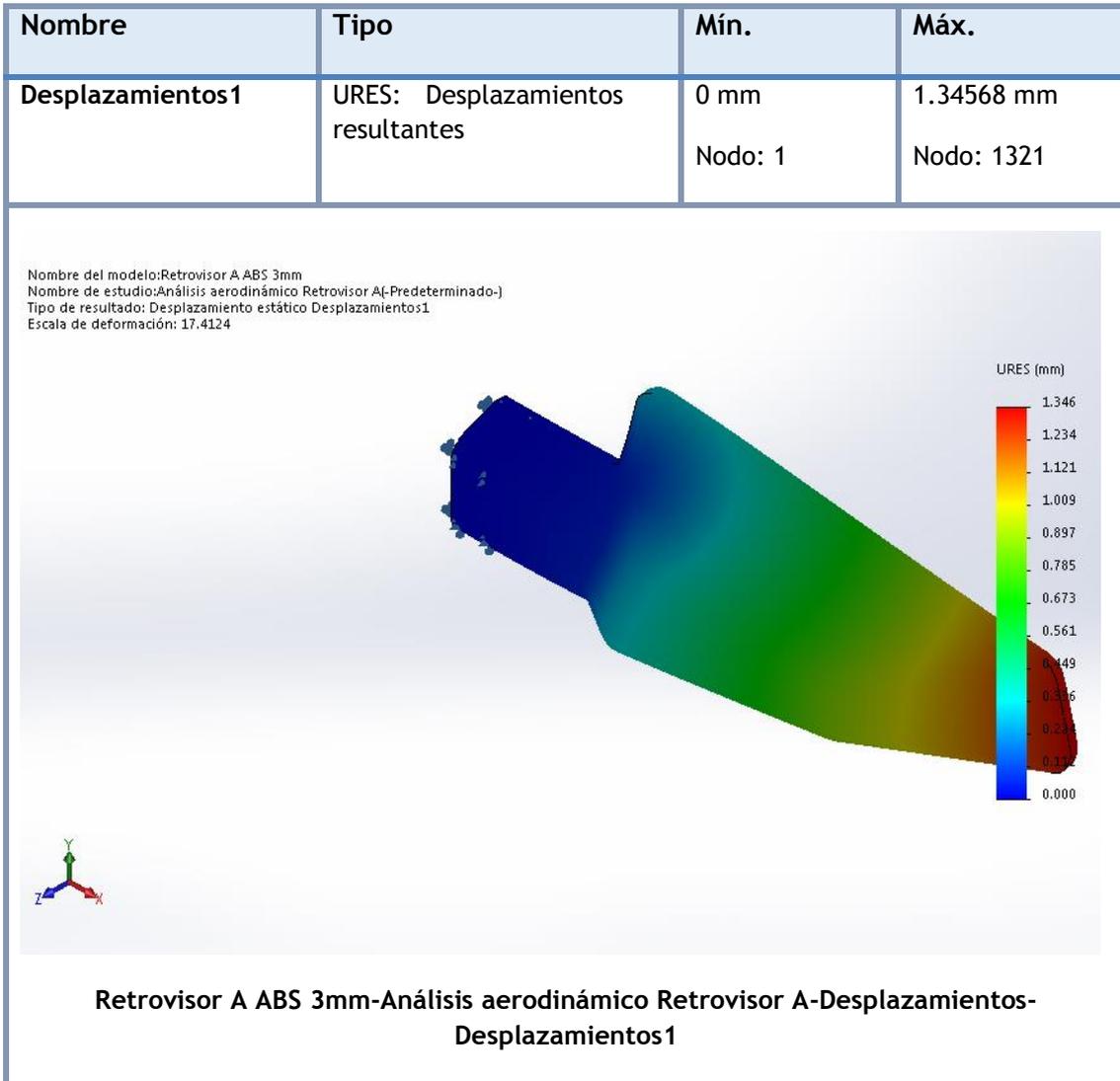
| Nombre     | Tipo                      | Mín.  | Máx.   |
|------------|---------------------------|---|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.00544793<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 2883 | 6.52761 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 4759 |

Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis aerodinámico Retrovisor A-(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 17.4124



Retrovisor A ABS 3mm-Análisis aerodinámico Retrovisor A-Tensiones-Tensiones1

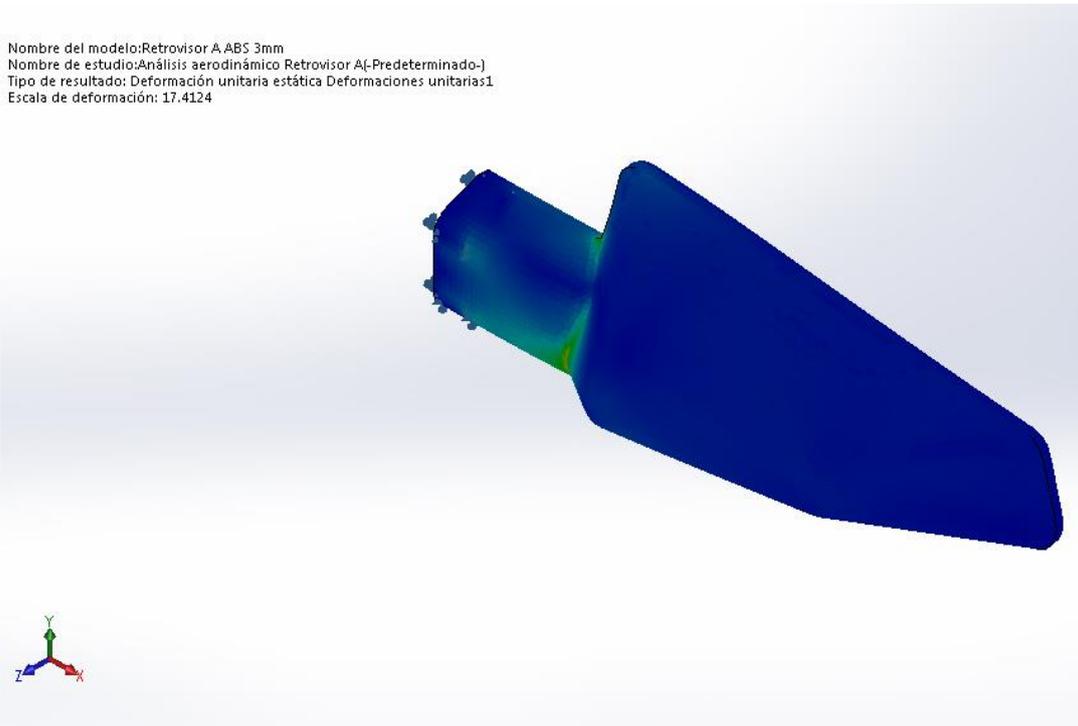
## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

| Nombre                   | Tipo                                    | Mín.                            | Máx.                          |
|--------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 1.92561e-006<br>Elemento: 42420 | 0.00250928<br>Elemento: 15000 |

Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis aerodinámico Retrovisor A-(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 17.4124

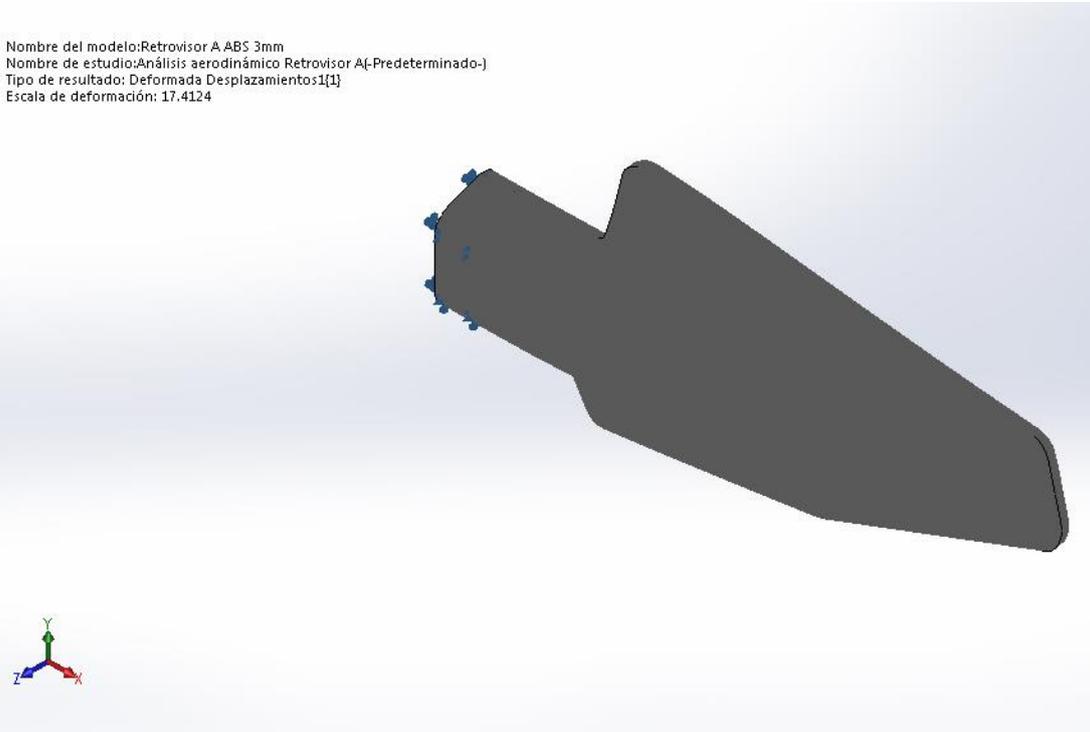


Retrovisor A ABS 3mm-Análisis aerodinámico Retrovisor A-Deformaciones unitarias-  
Deformaciones unitarias1

## IV. Apéndices

| Nombre              | Tipo      |
|---------------------|-----------|
| Desplazamientos1{1} | Deformada |

Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis aerodinámico Retrovisor A{-Predeterminado-}  
Tipo de resultado: Deformada Desplazamientos1{1}  
Escala de deformación: 17.4124

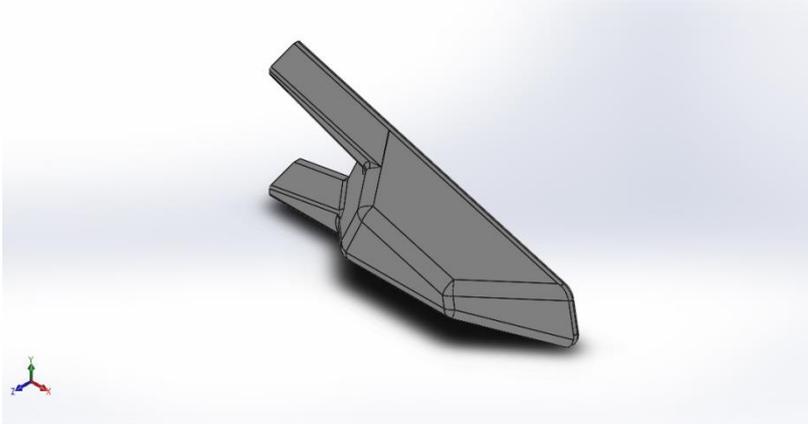


Retrovisor A ABS 3mm-Análisis aerodinámico Retrovisor A-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

## IV. Apéndices

---

### Informe de simulación carga aerodinámica retrovisor B.



#### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor B 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis aerodinámico retrovisor B

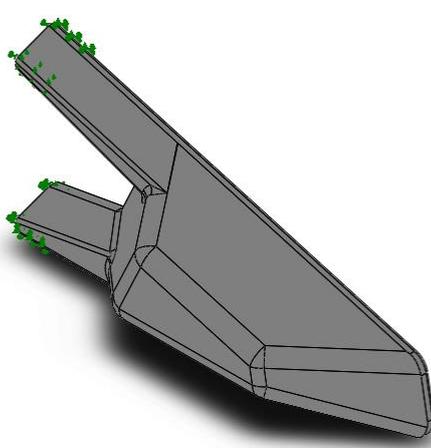
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....              | 164                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....             | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....    | 165                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....   | 166                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                 | 166                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> .....  | 167                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....      | 168                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ..... | ¡Error! Marcador no def       |
| <a href="#">Información de contacto</a> .....  | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....     | 169                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> .....      | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....      | 170                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                    | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....   | 171                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....               | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Información de modelo

| <br><br>Nombre del modelo: Retrovisor B 3mm<br>Configuración actual: Predeterminado |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
| Sólidos   |              |   |  |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación  |
| Cortar-Extruir10<br>   | Sólido       | Masa:0.108678 kg<br>Volumen:0.000106547 m <sup>3</sup><br>Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup><br>Peso:1.06505 N | C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\Flow simulation\Nuevo B\Retrovisor B 3mm.SLDPRT<br>Jul 19 11:32:33 2020 |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

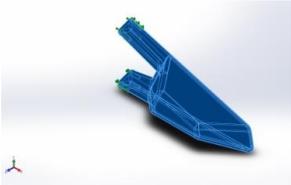
|   |   |
|---|---|
| Nombre de estudio   | Análisis aerodinámico retrovisor B  |
| Tipo de análisis  | Análisis estático   |
| Tipo de malla   | Malla sólida  |
| Efecto térmico:   | Activar   |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas   |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin  |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Activar   |
| Tipo de solver  | FFEPlus   |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar  |
| Muelle blando:  | Desactivar  |
| Desahogo inercial:  | Desactivar  |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático  |
| Gran desplazamiento   | Desactivar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar   |
| Fricción  | Desactivar  |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar  |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS<br>(C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\Flow simulation\Nuevo B) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

## IV. Apéndices

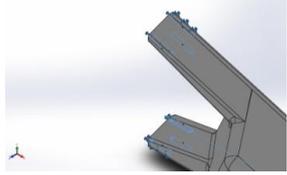
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes                                  |
|---|---|--|
|  | <p><b>Nombre:</b> ABS</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394</p> <p><b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p> | Sólido 1(Cortar-Extruir10)(Retrovisor B 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |  |

## IV. Apéndices

---

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción              | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |                   |
|---------------------------------|---|--|----------|-------------------|
| Fijo-1                          |  | <b>Entidades:</b> 6 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |                   |
| <b>Fuerzas resultantes</b>      |   |  |          |                   |
| <b>Componentes</b>              | <b>X</b>  | <b>Y</b>   | <b>Z</b> | <b>Resultante</b> |
| <b>Fuerza de reacción(N)</b>    | -4.30534  | -0.972362  | 32.5133  | 32.8115           |
| <b>Momento de reacción(N.m)</b> | 0   | 0  | 0        | 0                 |

## IV. Apéndices

---

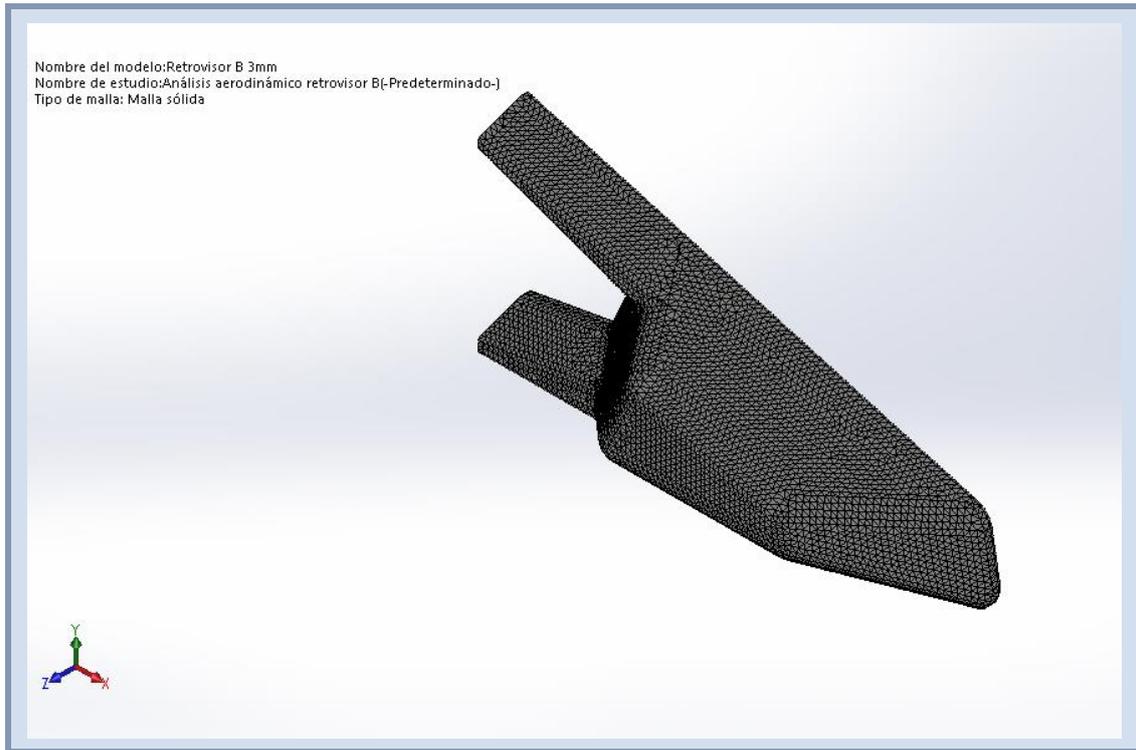
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.4253 mm                           |
| Tolerancia                           | 0.121265 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 104730     |
| Número total de elementos                       | 63049      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 13.554     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.4       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0.0222     |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:06   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X    | Sum Y     | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|----------|-----------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | -4.30534 | -0.972362 | 32.5133 | 32.8115    |

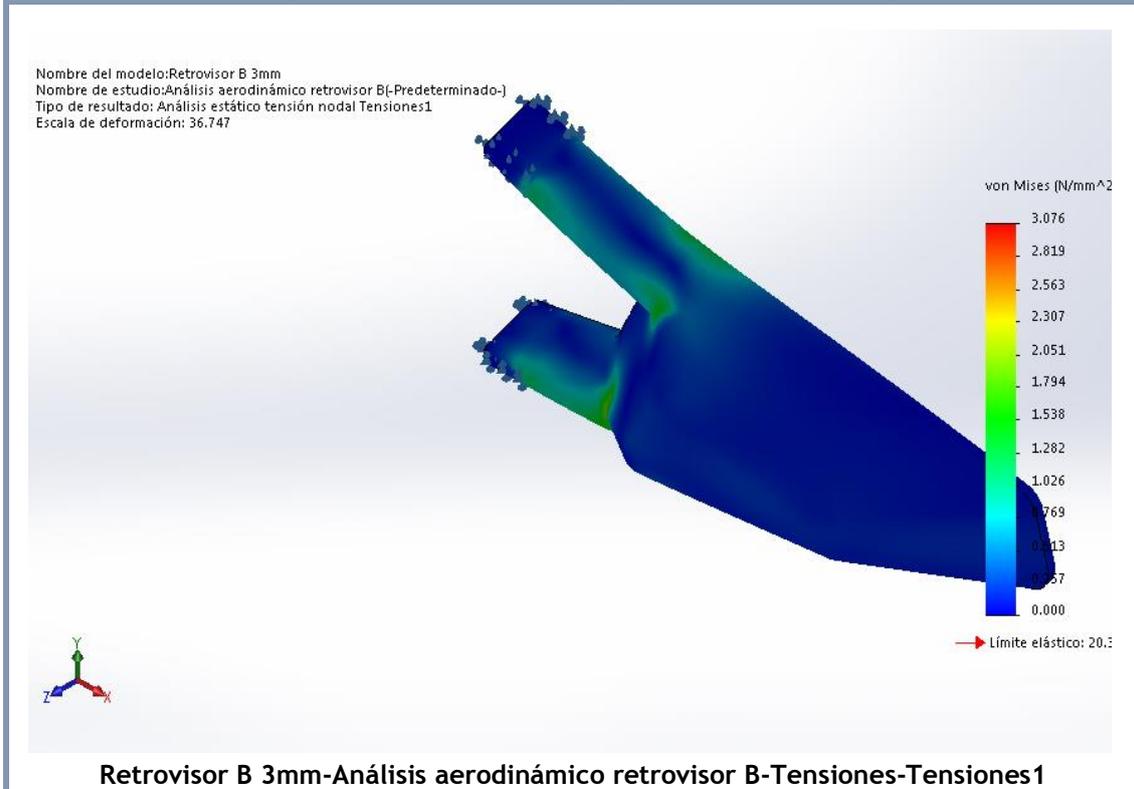
#### Momentos de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

## IV. Apéndices

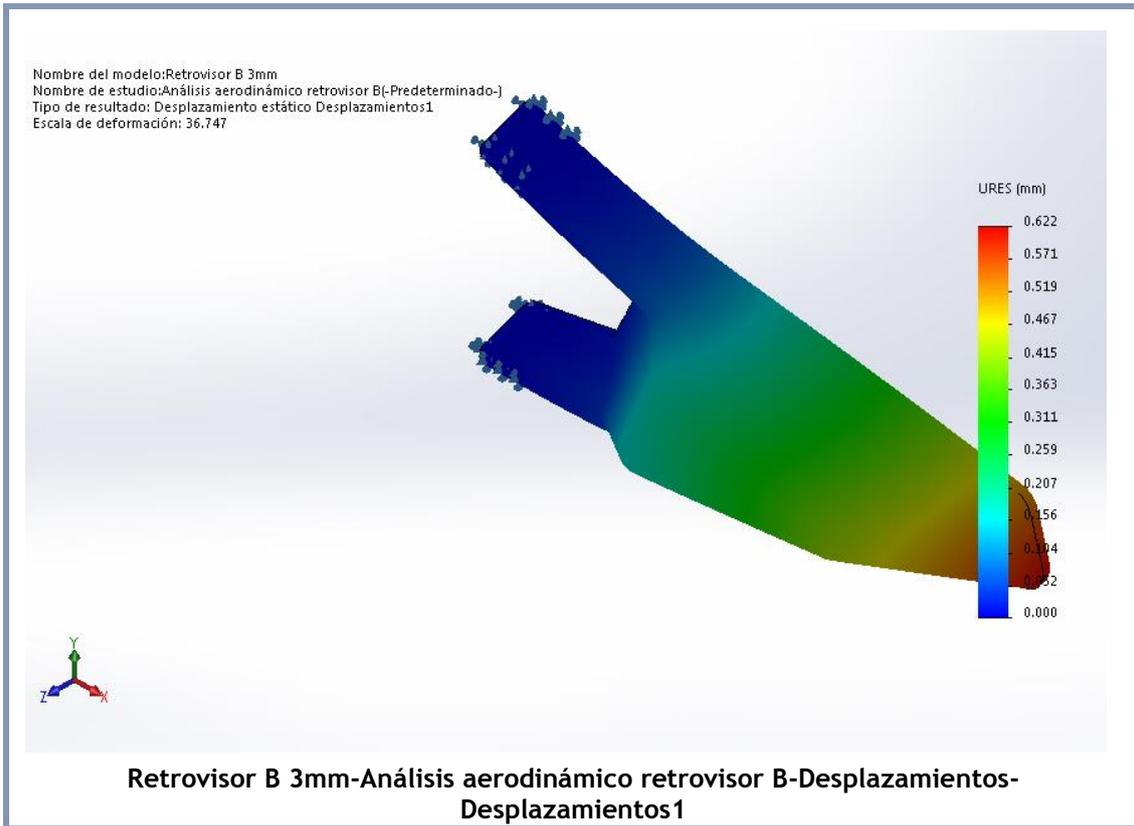
### Resultados del estudio

| Nombre     | Tipo                      | Mín.  | Máx.   |
|------------|---------------------------|---|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.000387249<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 855 | 3.07575 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 5311 |



| Nombre           | Tipo                              | Mín.            | Máx.                      |
|------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Desplazamientos1 | URES: Desplazamientos resultantes | 0 mm<br>Nodo: 1 | 0.622452 mm<br>Nodo: 4919 |

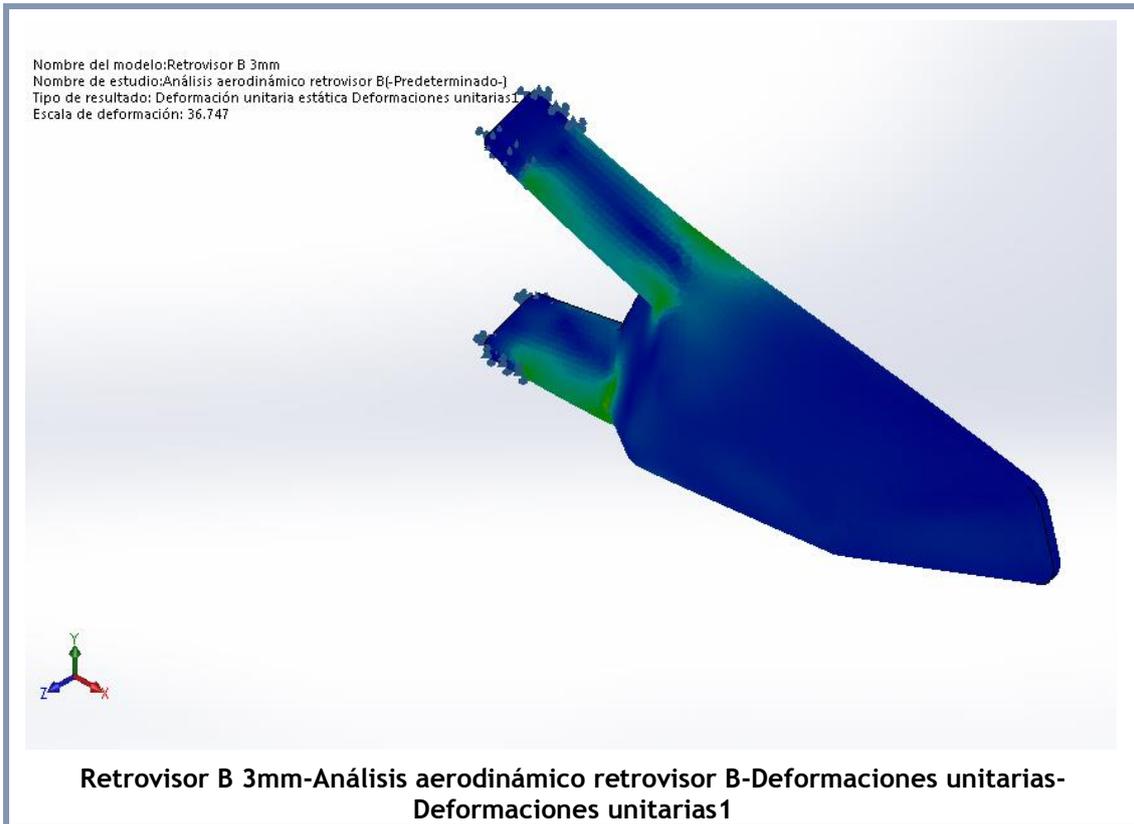
## IV. Apéndices



| Nombre                   | Tipo                                    | Mín.                            | Máx.                          |
|--------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 3.07973e-007<br>Elemento: 15752 | 0.00120433<br>Elemento: 21162 |

## IV. Apéndices

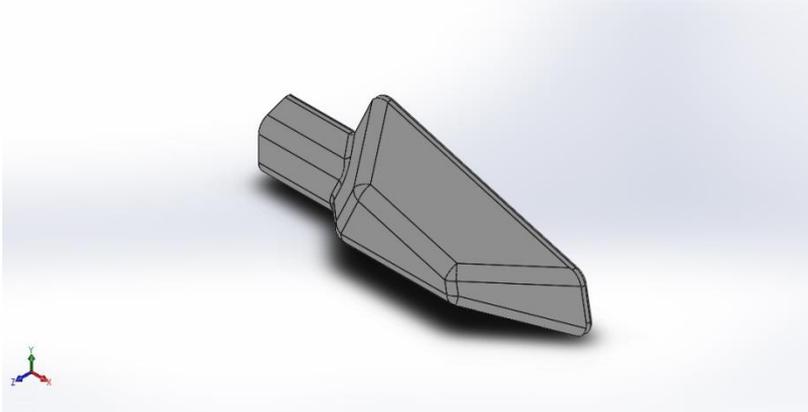
---



## IV. Apéndices

---

### Informes de simulación cargas puntuales retrovisor A.



#### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor A ABS 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis de carga inferior retrovisor A

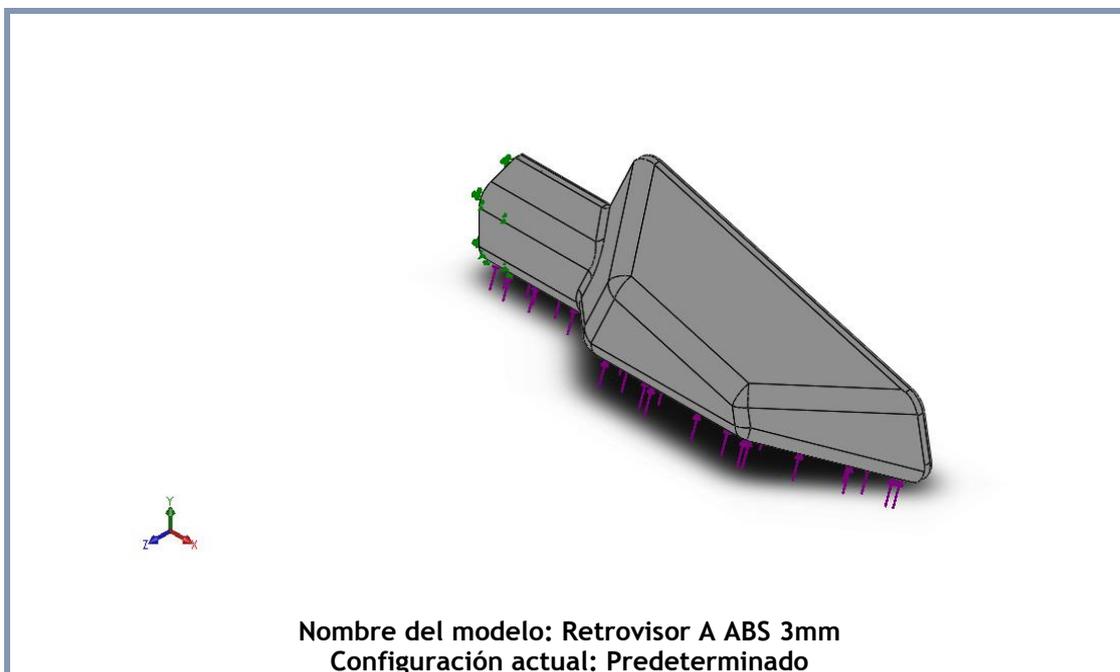
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....              | 174                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....             | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....    | 175                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....   | 176                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                 | 176                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> .....  | 177                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....      | 178                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ..... | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de contacto</a> .....  | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....     | 179                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> .....      | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....      | 180                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                    | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....   | 181                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....               | 184                           |

## IV. Apéndices

### Información de modelo



#### Sólidos

| Nombre de documento y referencia   | Tratado como | Propiedades volumétricas   | Ruta al documento/Fecha de modificación  |
|--|--------------|--|--|
| <p>Taladro roscado M48</p>  | Sólido       | <p>Masa:0.0993144 kg<br/> Volumen:9.7367e-005 m<sup>3</sup><br/> Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup><br/> Peso:0.973281 N</p> | <p>C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS \Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS\Retrovisor A ABS 3mm.SLDPRT<br/> Jul 19 17:53:38 2020</p> |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

|   |  |
|---|--|
| Nombre de estudio   | Análisis de carga inferior retrovisor A  |
| Tipo de análisis  | Análisis estático  |
| Tipo de malla   | Malla sólida   |
| Efecto térmico:   | Activar  |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas  |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin   |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar   |
| Tipo de solver  | FFEPlus  |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar   |
| Muelle blando:  | Desactivar   |
| Desahogo inercial:  | Desactivar   |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático   |
| Gran desplazamiento   | Activar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar  |
| Fricción  | Desactivar   |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar   |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

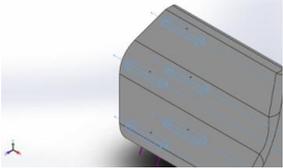
## IV. Apéndices

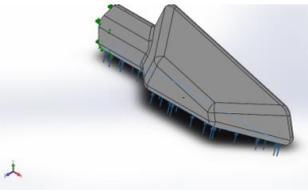
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes   |
|---|---|---|
|  | <b>Nombre:</b> ABS<br><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal<br><b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido<br><b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m <sup>2</sup><br><b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m <sup>2</sup><br><b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m <sup>2</sup><br><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394<br><b>Densidad:</b> 1020 kg/m <sup>3</sup><br><b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m <sup>2</sup> | Sólido 1(Taladro roscado M48)(Retrovisor A ABS 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |   |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción              | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |                   |
|---------------------------------|---|--|----------|-------------------|
| <b>Fijo-1</b>                   |  | <b>Entidades:</b> 5 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |                   |
| <b>Fuerzas resultantes</b>      |   |  |          |                   |
| <b>Componentes</b>              | <b>X</b>  | <b>Y</b>   | <b>Z</b> | <b>Resultante</b> |
| <b>Fuerza de reacción(N)</b>    | -0.00011313   | -37.5892   | 13.6792  | 40.0008           |
| <b>Momento de reacción(N.m)</b> | 0   | 0  | 0        | 0                 |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|
| <b>Fuerza-1</b> |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |

## IV. Apéndices

---

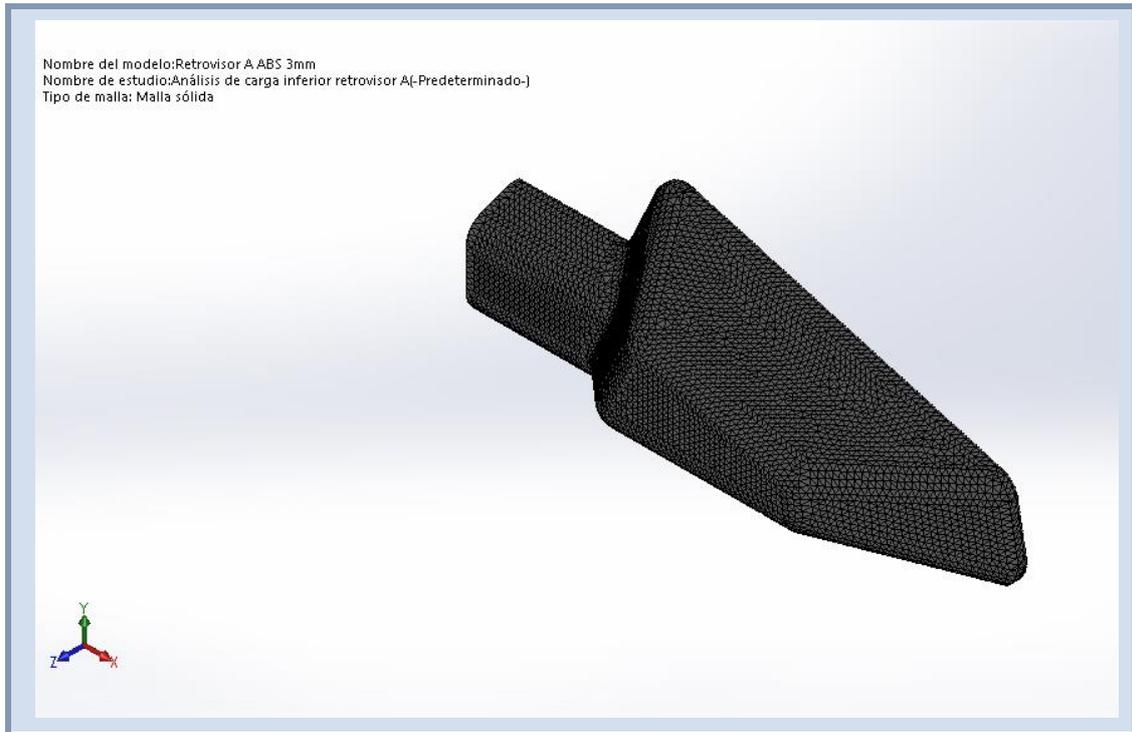
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.32471 mm                          |
| Tolerancia                           | 0.116235 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 100758     |
| Número total de elementos                       | 60329      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 9.6903     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.7       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0          |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:05   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X       | Sum Y    | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|-------------|----------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | -0.00011313 | -37.5892 | 13.6792 | 40.0008    |

#### Momentos de reacción

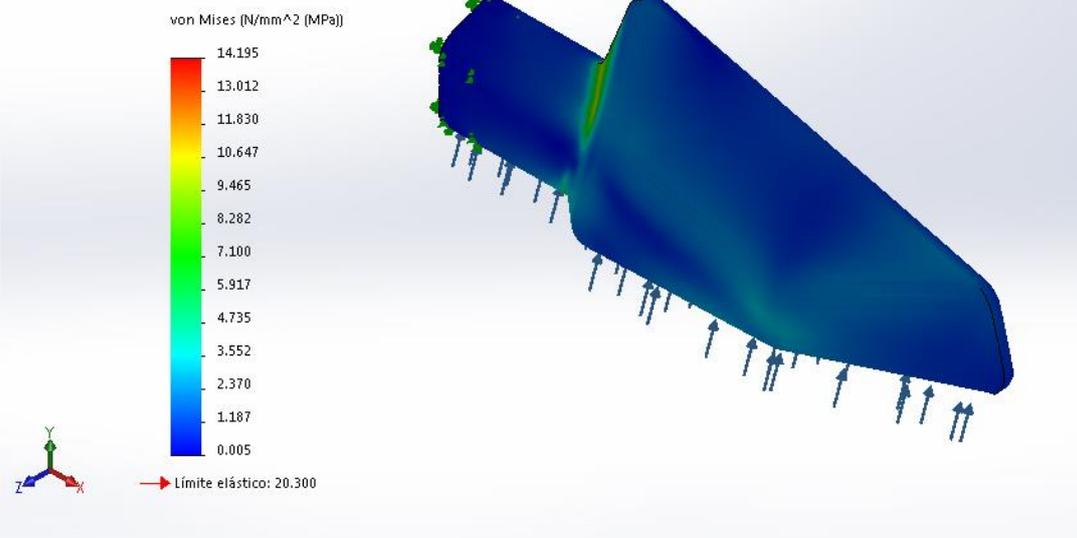
| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

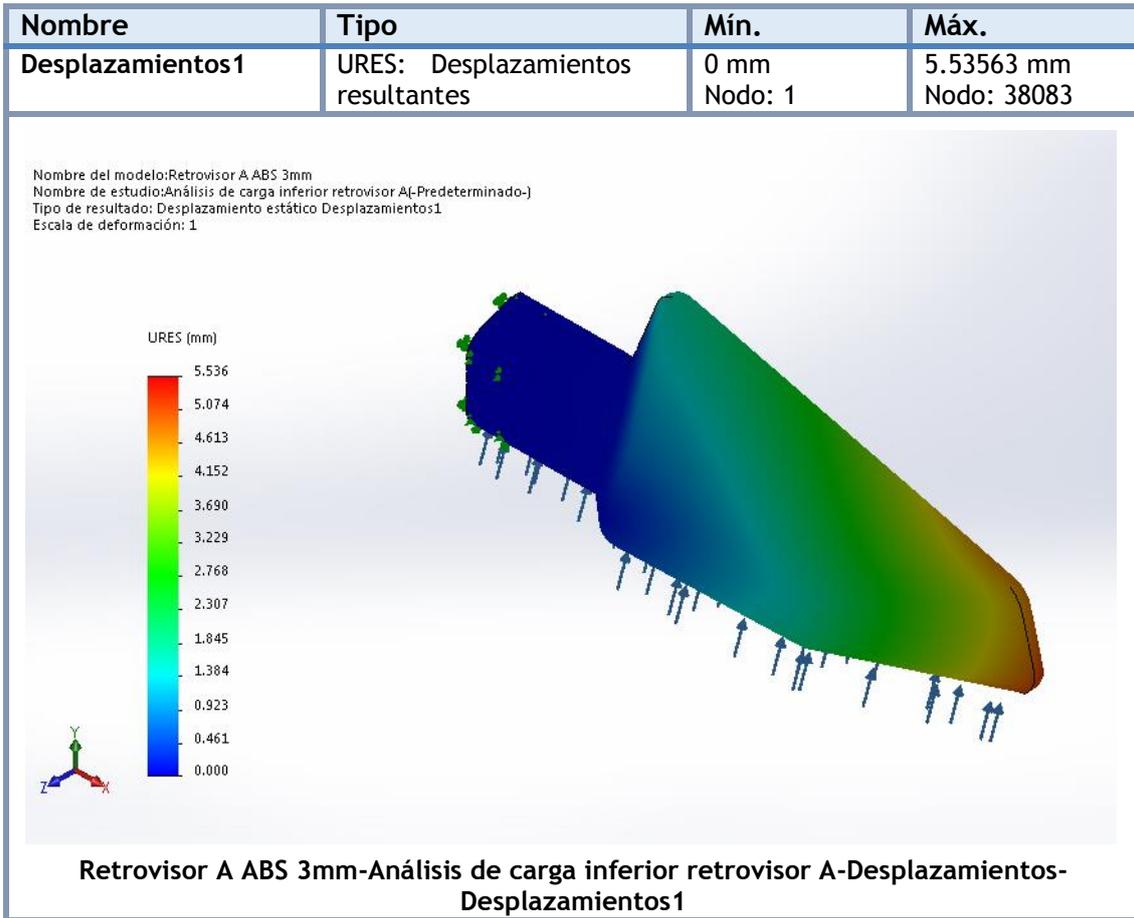
| Nombre     | Tipo                      | Mín.   | Máx.  |
|------------|---------------------------|--|---|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.00462843<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 94598 | 14.1945 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 94325 |

Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis de carga inferior retrovisor A(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1



Retrovisor A ABS 3mm-Análisis de carga inferior retrovisor A-Tensiones-Tensiones1

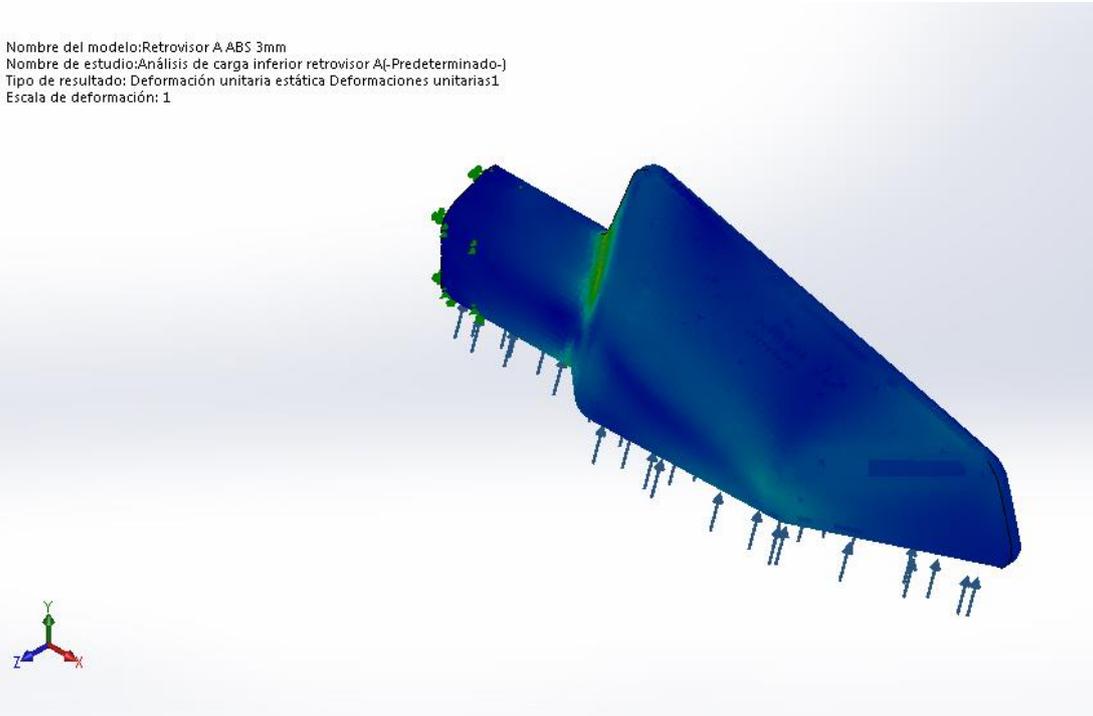
## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

| Nombre                   | Tipo                                    | Mín.                            | Máx.                          |
|--------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 2.71753e-006<br>Elemento: 26313 | 0.00551135<br>Elemento: 20772 |

Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis de carga inferior retrovisor A-(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 1

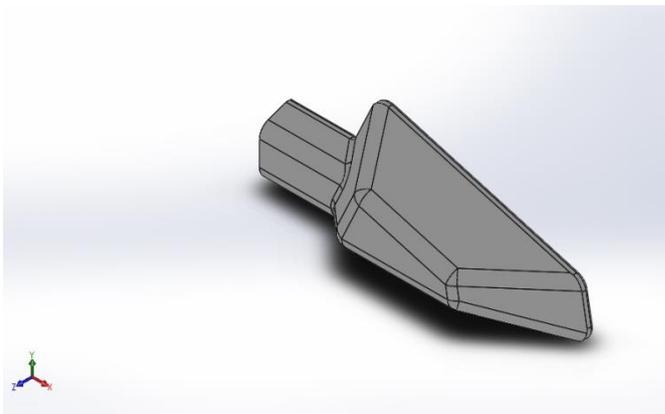


**Retrovisor A ABS 3mm-Análisis de carga inferior retrovisor A-Deformaciones unitarias-  
Deformaciones unitarias1**

## IV. Apéndices

---

### Conclusión



### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor A ABS 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis de carga frontal retrovisor A

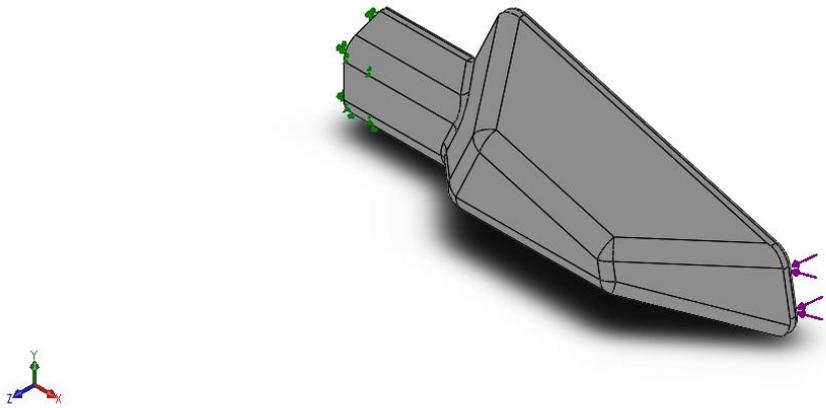
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....             | 184                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....            | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....   | 185                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....  | 186                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                | 186                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> ..... | 187                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....     | 188                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a>      | ¡Error! Marcador no def       |
| <a href="#">Información de contacto</a>       | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....    | 189                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a>           | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....     | 190                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....  | 191                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....              | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Información de modelo

|  <p>Nombre del modelo: Retrovisor A ABS 3mm<br/>Configuración actual: Predeterminado</p> |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
| Sólidos   |              |   |  |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación  |
| <p>Taladro roscado M48</p>   | Sólido       | <p>Masa:0.0993144 kg<br/>Volumen:9.7367e-005 m<sup>3</sup><br/>Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup><br/>Peso:0.973281 N</p> | <p>C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS\Retrovisor A ABS 3mm.SLDPRT<br/>Jul 19 17:53:38 2020</p> |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

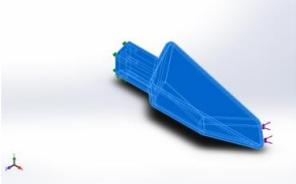
|   |   |
|---|---|
| Nombre de estudio   | Análisis de carga frontal retrovisor A  |
| Tipo de análisis  | Análisis estático   |
| Tipo de malla   | Malla sólida  |
| Efecto térmico:   | Activar   |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas   |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin  |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar  |
| Tipo de solver  | FFEPlus   |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar  |
| Muelle blando:  | Desactivar  |
| Desahogo inercial:  | Desactivar  |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático  |
| Gran desplazamiento   | Activar   |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar   |
| Fricción  | Desactivar  |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar  |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS<br>(C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

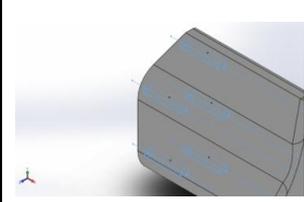
## IV. Apéndices

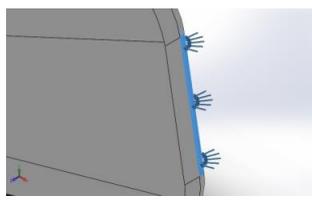
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes   |
|---|---|---|
|  | <p><b>Nombre:</b> ABS</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394</p> <p><b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p> | Sólido 1(Taladro roscado M48)(Retrovisor A ABS 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |   |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción       | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |            |
|--------------------------|---|--|----------|------------|
| <b>Fijo-1</b>            |  | <b>Entidades:</b> 5 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |            |
| Fuerzas resultantes      |   |  |          |            |
| Componentes              | X   | Y  | Z        | Resultante |
| Fuerza de reacción(N)    | 26.8155   | 4.72778  | -27.2318 | 38.5097    |
| Momento de reacción(N.m) | 0   | 0  | 0        | 0          |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|
| <b>Fuerza-1</b> |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |

## IV. Apéndices

---

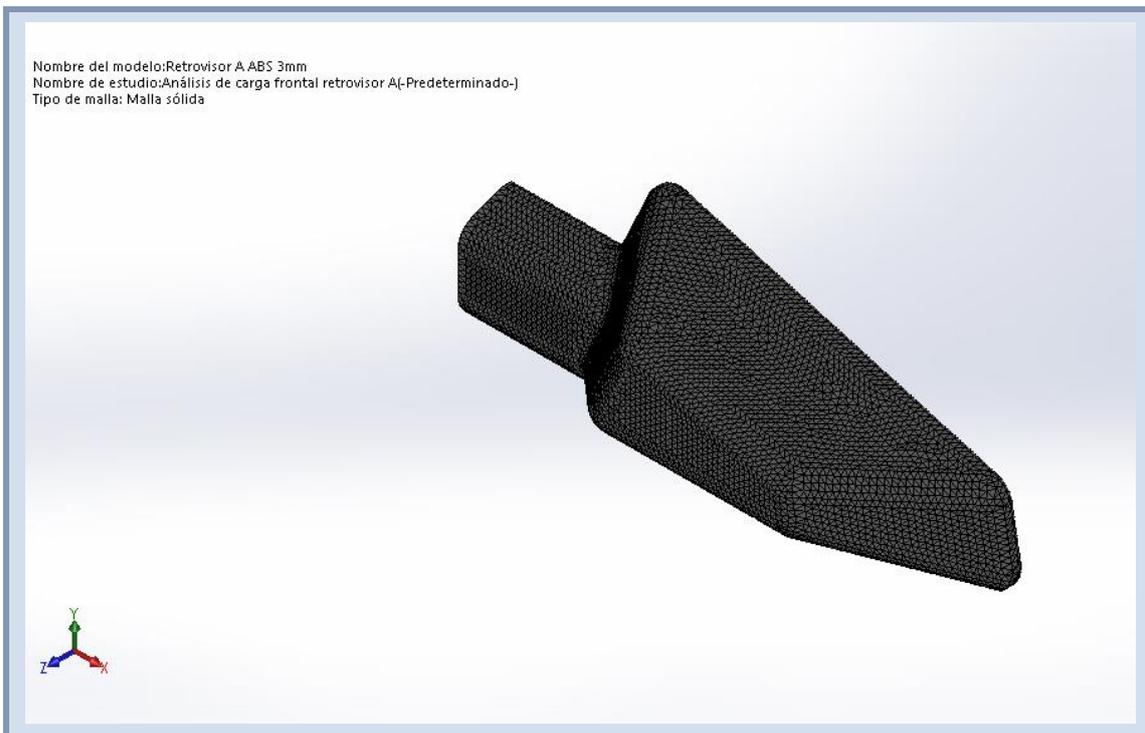
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.32471 mm                          |
| Tolerancia                           | 0.116235 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 100758     |
| Número total de elementos                       | 60329      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 9.6903     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.7       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0          |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:05   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X   | Sum Y   | Sum Z    | Resultante |
|-------------------------|----------|---------|---------|----------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 26.8155 | 4.72778 | -27.2318 | 38.5097    |

#### Momentos de reacción

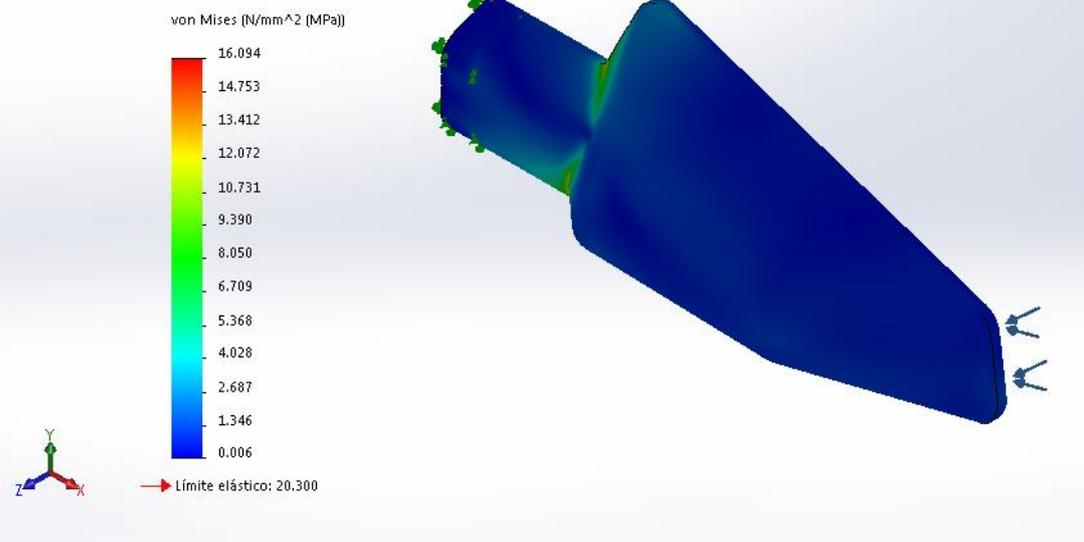
| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

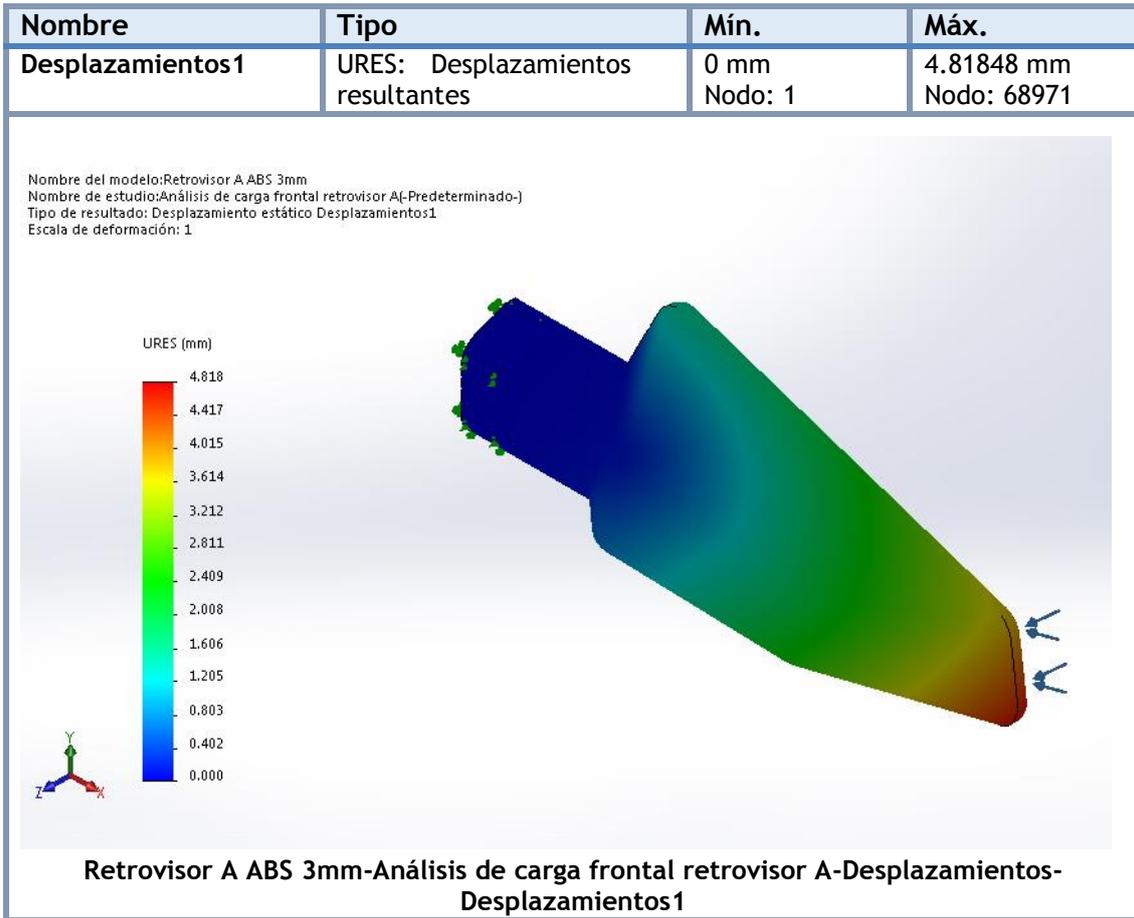
| Nombre     | Tipo                      | Mín.   | Máx.   |
|------------|---------------------------|--|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.00561949<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 41246 | 16.0938 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 4759 |

Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis de carga frontal retrovisor A(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1

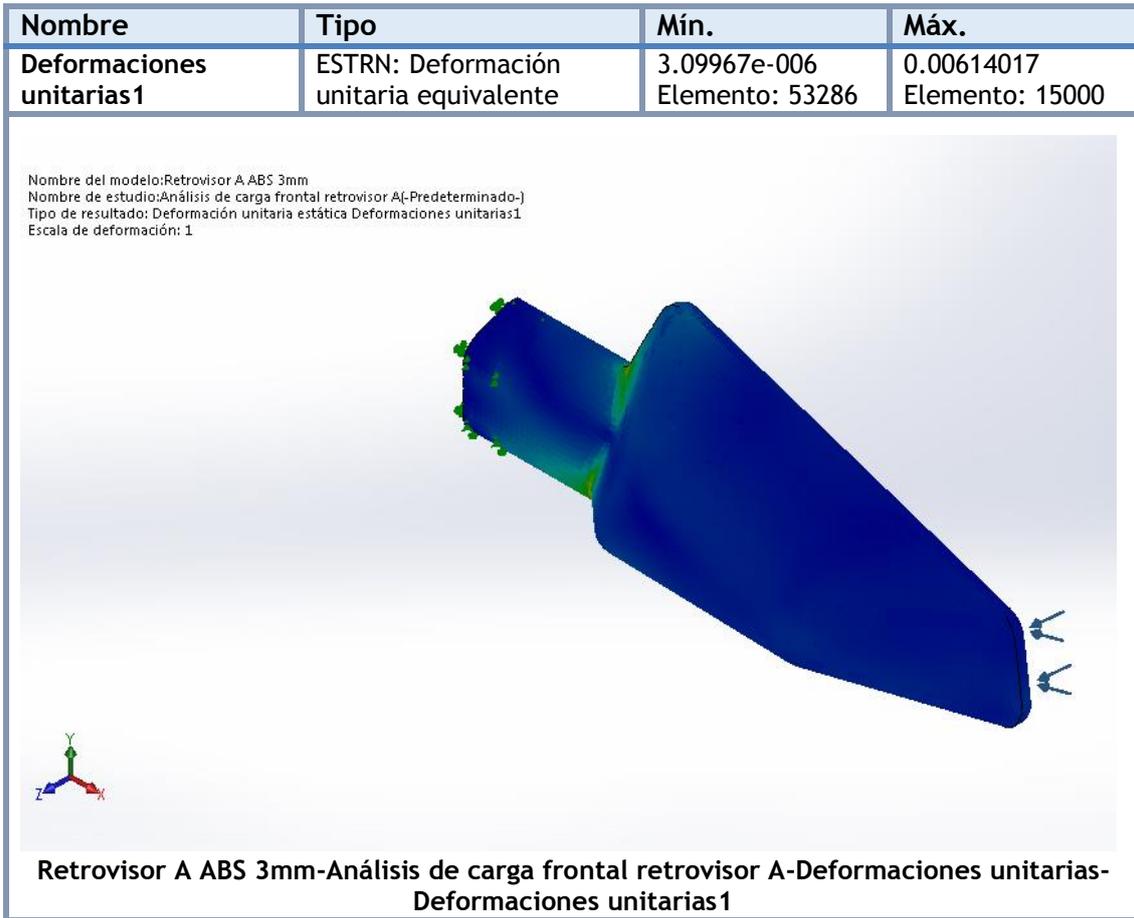


Retrovisor A ABS 3mm-Análisis de carga frontal retrovisor A-Tensiones-Tensiones1

## IV. Apéndices

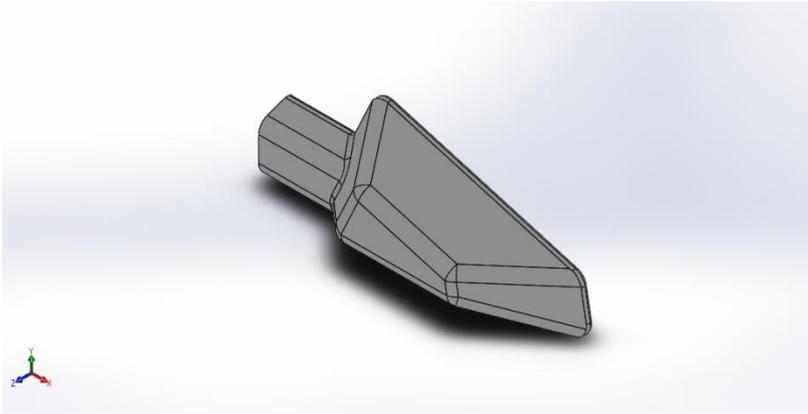


## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

---



### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor A ABS 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis de carga posterior retrovisor A

Tipo de análisis: Análisis estático

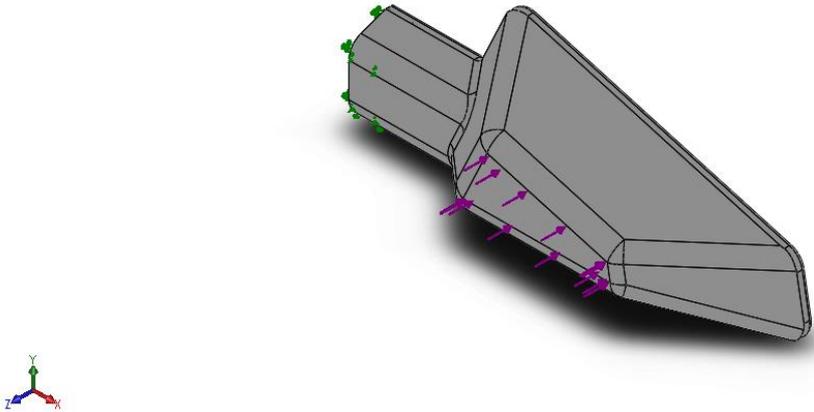
### Tabla de contenidos

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....                                 | 194                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....                                | 195                           |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....                       | 195                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....                      | 196                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                                    | 196                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> .....                     | 197                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....                         | 198                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ¡Error! Marcador no def  |                               |
| <a href="#">Información de contacto</a> ¡Error! Marcador no defi  |                               |
| <a href="#">Información de malla</a> .....                        | 199                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> ¡Error! Marcador no definido. |                               |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....                         | 200                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                                       | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....                      | 201                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....                                  | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Suposiciones

### Información de modelo

|  <p>Nombre del modelo: Retrovisor A ABS 3mm<br/>Configuración actual: Predeterminado</p> |              |   |   |
|---|--------------|---|---|
| Sólidos   |              |   |   |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación   |
| Taladro roscado M48<br>  | Sólido       | Masa:0.0993144 kg<br>Volumen:9.7367e-005 m <sup>3</sup><br>Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup><br>Peso:0.973281 N | C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS \Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS\Retrovisor A ABS 3mm.SLDPRT<br>Jul 19 17:53:38 2020 |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

|   |  |
|---|--|
| Nombre de estudio   | Análisis de carga posterior retrovisor A   |
| Tipo de análisis  | Análisis estático  |
| Tipo de malla   | Malla sólida   |
| Efecto térmico:   | Activar  |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas  |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin   |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar   |
| Tipo de solver  | FFEPlus  |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar   |
| Muelle blando:  | Desactivar   |
| Desahogo inercial:  | Desactivar   |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático   |
| Gran desplazamiento   | Activar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar  |
| Fricción  | Desactivar   |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar   |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

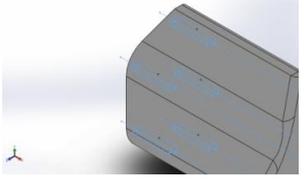
## IV. Apéndices

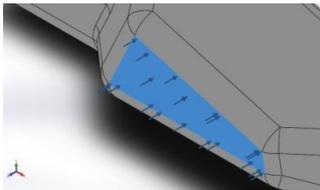
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades  | Componentes  |
|---|--|--|
|  | <p>Nombre: ABS</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: <math>2.03 \times 10^7</math> N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: <math>3 \times 10^7</math> N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: <math>2 \times 10^9</math> N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.394</p> <p>Densidad: 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: <math>3.189 \times 10^8</math> N/m<sup>2</sup></p> | <p>Sólido 1(Taladro roscado M48)(Retrovisor A ABS 3mm)</p> |
| <p>Datos de curva: N/A</p>  |  |  |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción              | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |                   |
|---------------------------------|---|--|----------|-------------------|
| <b>Fijo-1</b>                   |  | <b>Entidades:</b> 5 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |                   |
| <b>Fuerzas resultantes</b>      |   |  |          |                   |
| <b>Componentes</b>              | <b>X</b>  | <b>Y</b>   | <b>Z</b> | <b>Resultante</b> |
| <b>Fuerza de reacción(N)</b>    | -0.00237426   | 0.00444272   | 40.0034  | 40.0034           |
| <b>Momento de reacción(N.m)</b> | 0   | 0  | 0        | 0                 |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|
| <b>Fuerza-1</b> |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |

## IV. Apéndices

---

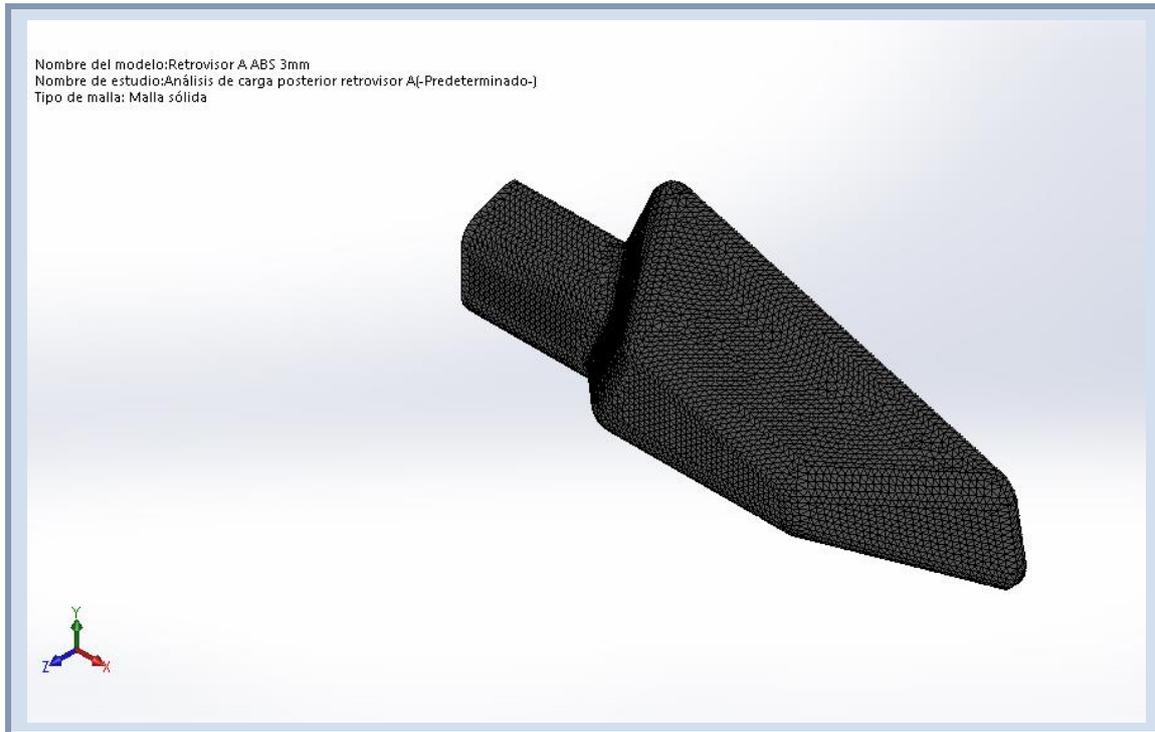
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.32471 mm                          |
| Tolerancia                           | 0.116235 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 100758     |
| Número total de elementos                       | 60329      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 9.6903     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.7       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0          |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:05   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X       | Sum Y      | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|-------------|------------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | -0.00237426 | 0.00444272 | 40.0034 | 40.0034    |

#### Momentos de reacción

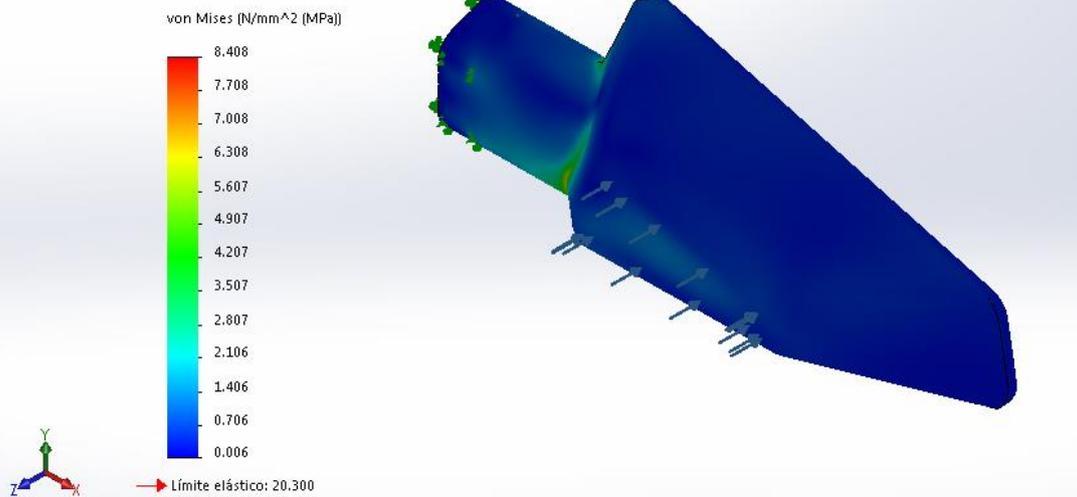
| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

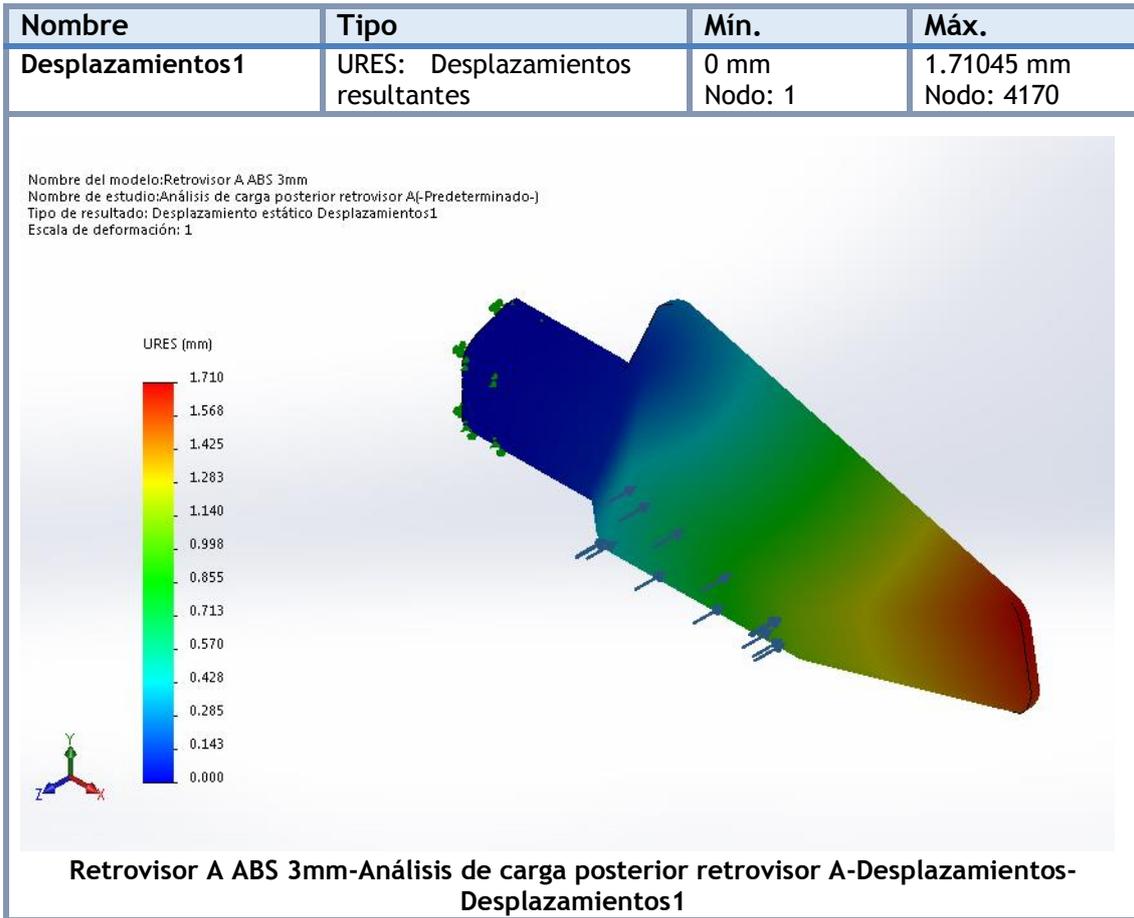
| Nombre     | Tipo                      | Mín.   | Máx.   |
|------------|---------------------------|--|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.00572716<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 58655 | 8.40816 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 4759 |

Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis de carga posterior retrovisor A-(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1



Retrovisor A ABS 3mm-Análisis de carga posterior retrovisor A-Tensiones-Tensiones1

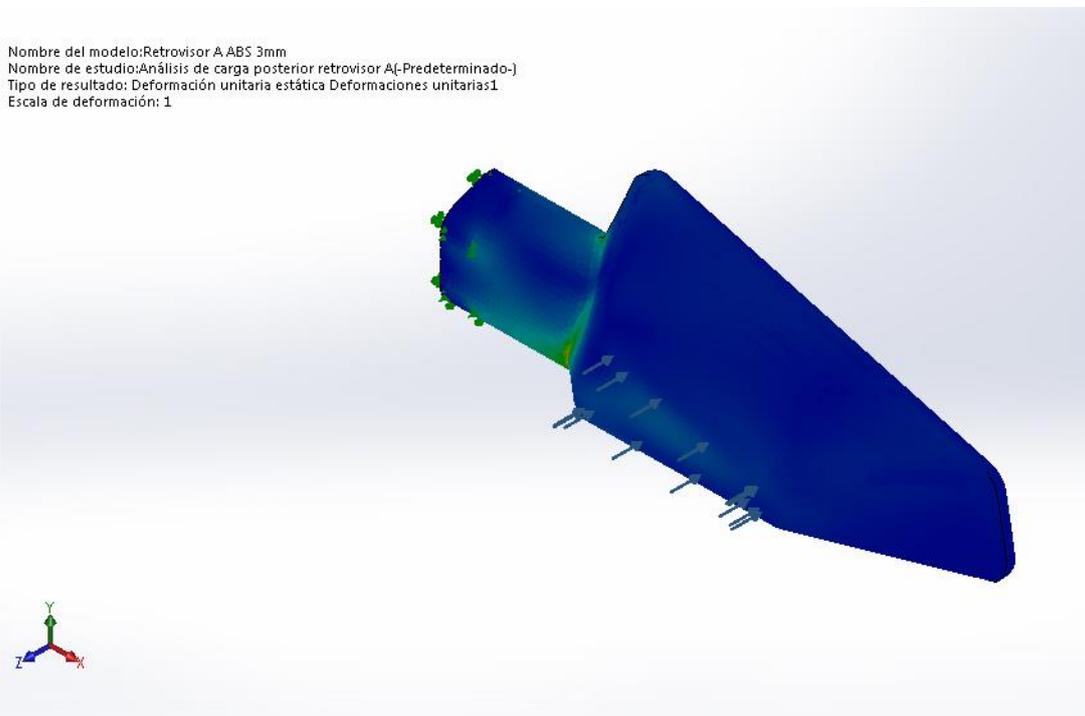
## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

| Nombre                   | Tipo                                    | Mín.                            | Máx.                          |
|--------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 2.21725e-006<br>Elemento: 42376 | 0.00322781<br>Elemento: 15000 |

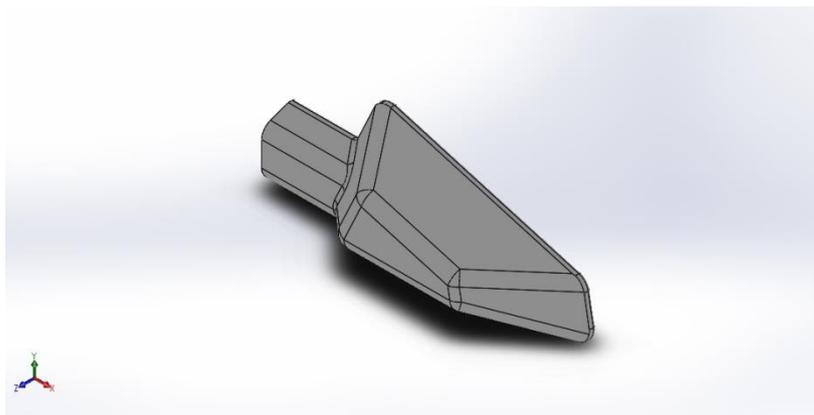
Nombre del modelo:Retrovisor A ABS 3mm  
Nombre de estudio:Análisis de carga posterior retrovisor A(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 1



**Retrovisor A ABS 3mm-Análisis de carga posterior retrovisor A-Deformaciones unitarias-  
Deformaciones unitarias1**

## IV. Apéndices

---



### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor A ABS 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis de carga superior retrovisor A

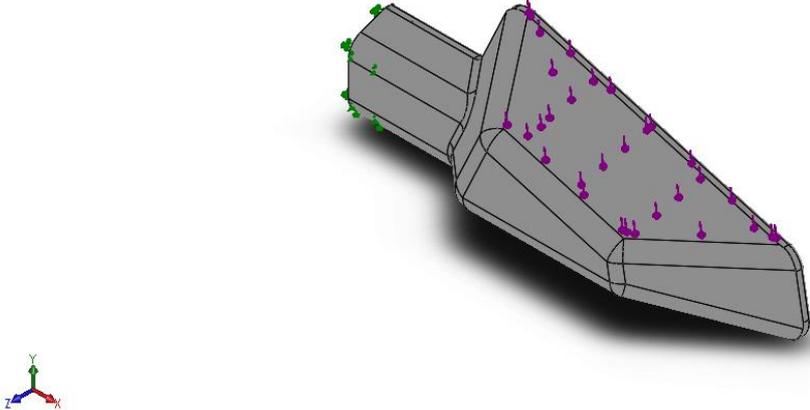
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....              | 204                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....             | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....    | 205                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....   | 206                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                 | 206                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> .....  | 207                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....      | 208                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ..... | ¡Error! Marcador no def       |
| <a href="#">Información de contacto</a> .....  | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....     | 209                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> .....      | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....      | 210                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                    | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....   | 211                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....               | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Información de modelo

|  <p>Nombre del modelo: Retrovisor A ABS 3mm<br/>Configuración actual: Predeterminado</p> |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
| Sólidos   |              |   |  |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación  |
| Taladro roscado<br>M48<br>   | Sólido       | Masa:0.0993144 kg<br>Volumen:9.7367e-005 m <sup>3</sup><br>Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup><br>Peso:0.973281 N | C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS\Retrovisor A ABS 3mm.SLDPRT<br>Jul 19 17:53:38 2020 |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

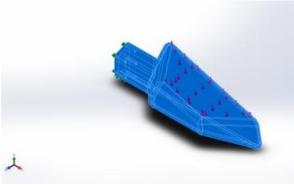
|   |  |
|---|--|
| Nombre de estudio   | Análisis de carga superior retrovisor A  |
| Tipo de análisis  | Análisis estático  |
| Tipo de malla   | Malla sólida   |
| Efecto térmico:   | Activar  |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas  |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin   |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar   |
| Tipo de solver  | FFEPlus  |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar   |
| Muelle blando:  | Desactivar   |
| Desahogo inercial:  | Desactivar   |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático   |
| Gran desplazamiento   | Activar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar  |
| Fricción  | Desactivar   |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar   |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo A en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

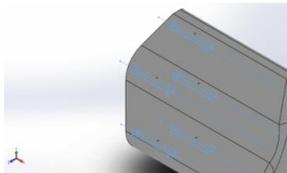
## IV. Apéndices

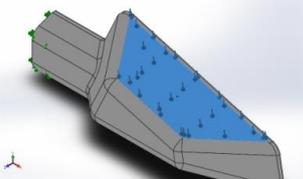
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes   |
|---|---|---|
|  | <p> <b>Nombre:</b> ABS<br/> <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal<br/> <b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido<br/> <b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m<sup>2</sup><br/> <b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup><br/> <b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup><br/> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394<br/> <b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup><br/> <b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup> </p> | Sólido 1(Taladro roscado M48)(Retrovisor A ABS 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |   |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción              | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |                   |
|---------------------------------|---|--|----------|-------------------|
| <b>Fijo-1</b>                   |  | <b>Entidades:</b> 5 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |                   |
| <b>Fuerzas resultantes</b>      |   |  |          |                   |
| <b>Componentes</b>              | <b>X</b>  | <b>Y</b>   | <b>Z</b> | <b>Resultante</b> |
| <b>Fuerza de reacción(N)</b>    | 10.5912   | 36.0579  | 13.664   | 39.9881           |
| <b>Momento de reacción(N.m)</b> | 0   | 0  | 0        | 0                 |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|
| <b>Fuerza-1</b> |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |

## IV. Apéndices

---

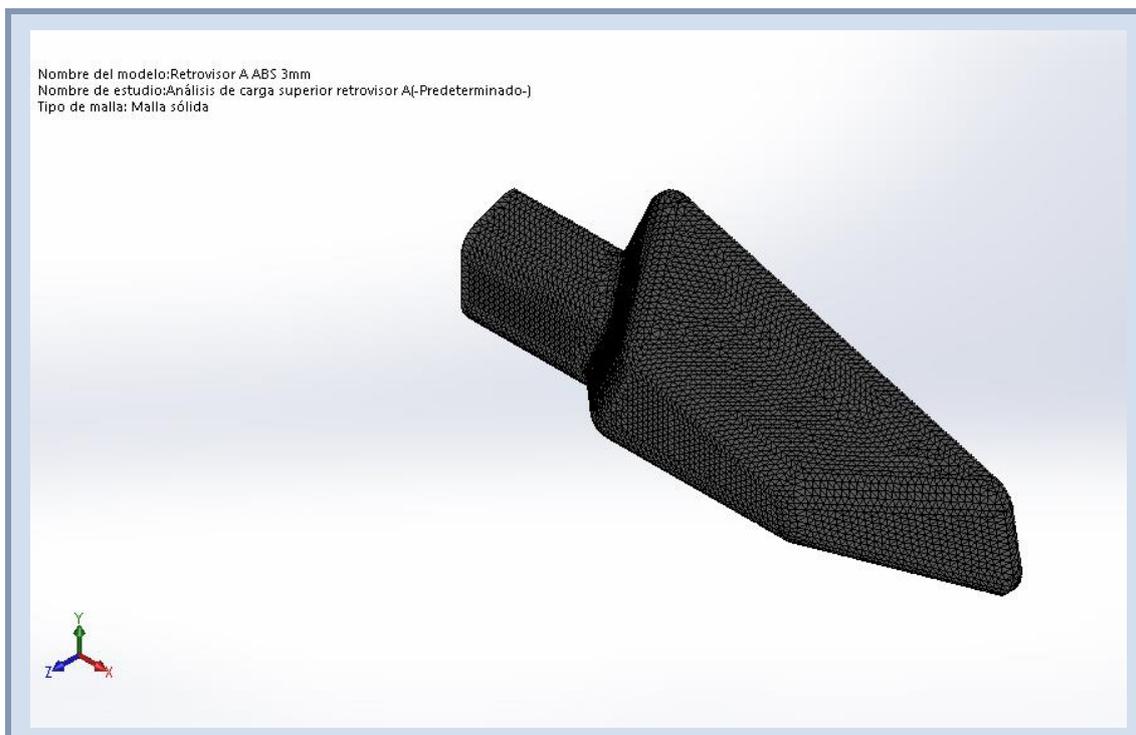
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.32471 mm                          |
| Tolerancia                           | 0.116235 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 100758     |
| Número total de elementos                       | 60329      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 9.6903     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.7       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0          |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:05   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X   | Sum Y   | Sum Z  | Resultante |
|-------------------------|----------|---------|---------|--------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 10.5912 | 36.0579 | 13.664 | 39.9881    |

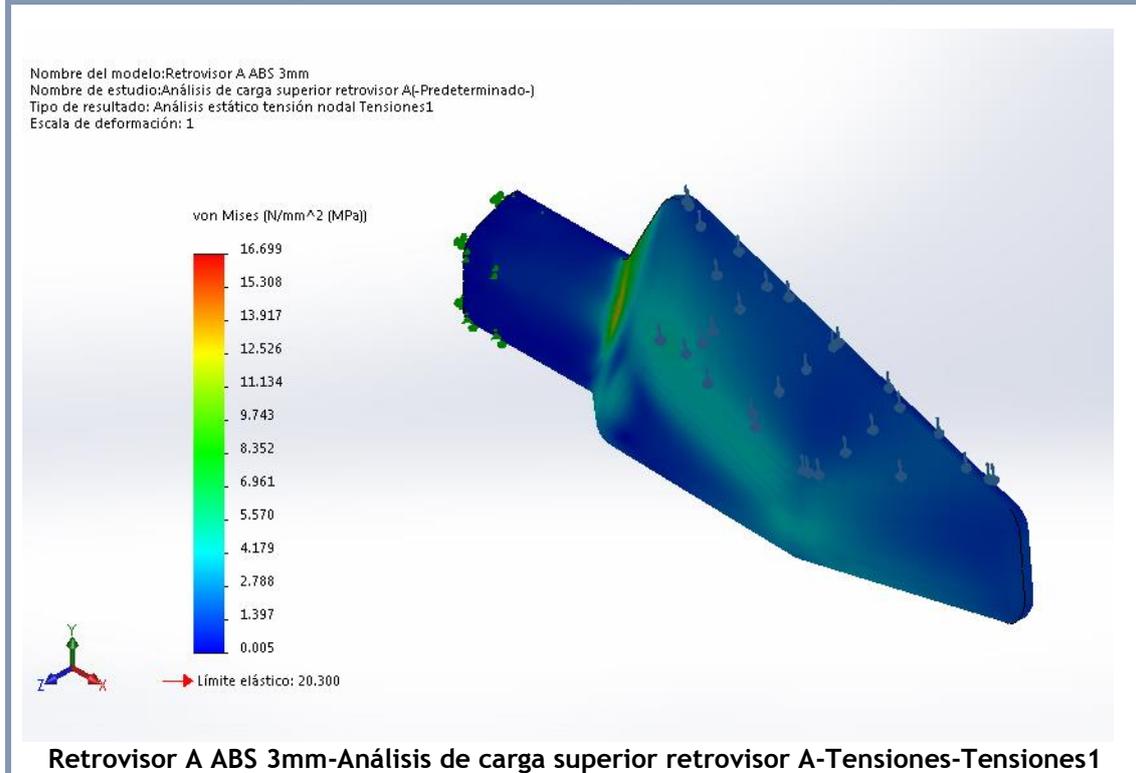
#### Momentos de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

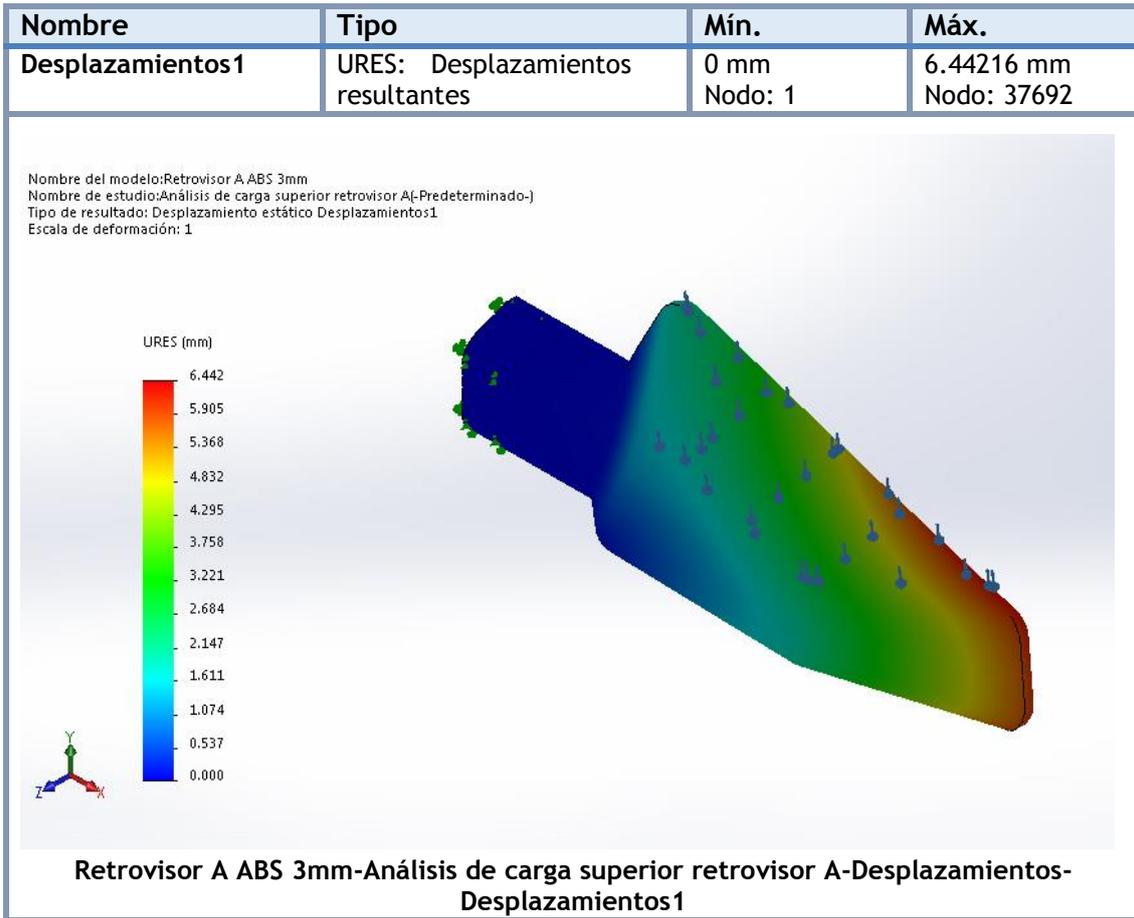
## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

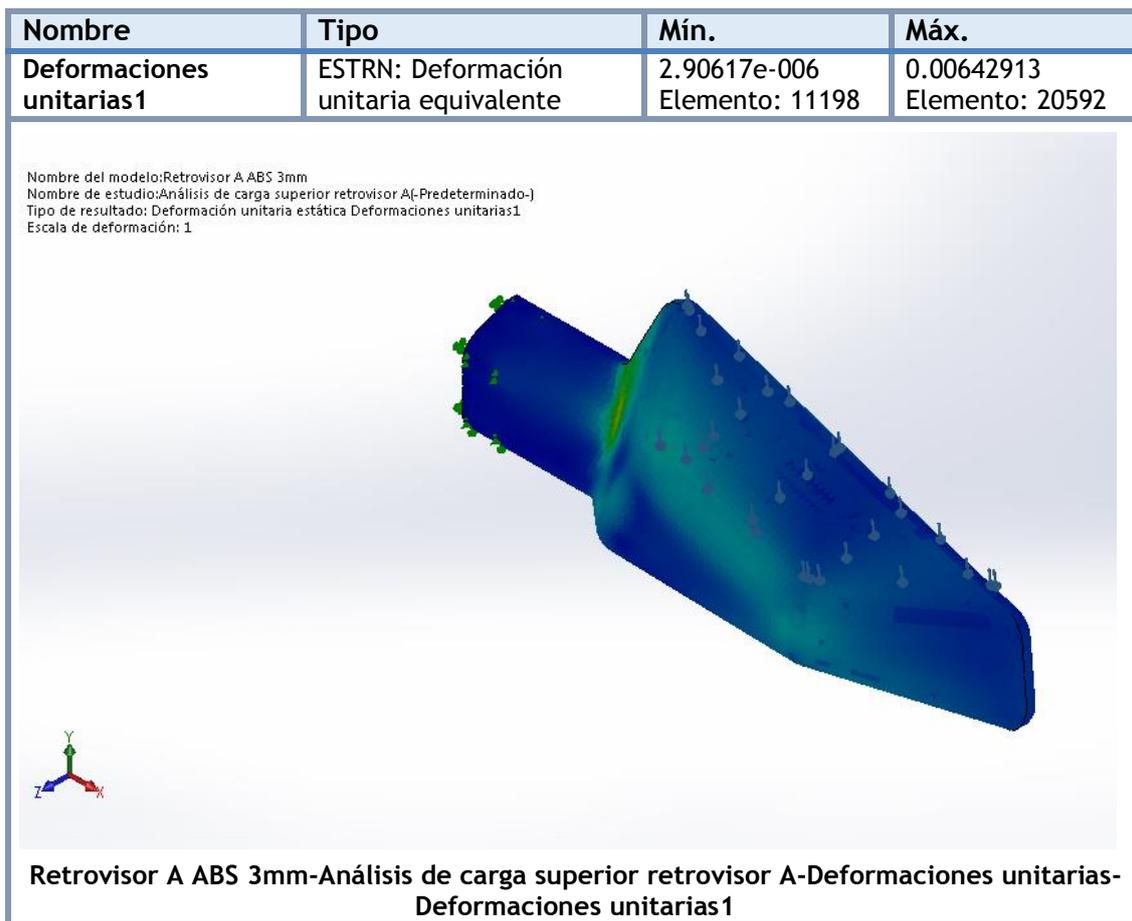
| Nombre     | Tipo                      | Mín.   | Máx.  |
|------------|---------------------------|--|---|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.00546495<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 41180 | 16.6989 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 64562 |



## IV. Apéndices



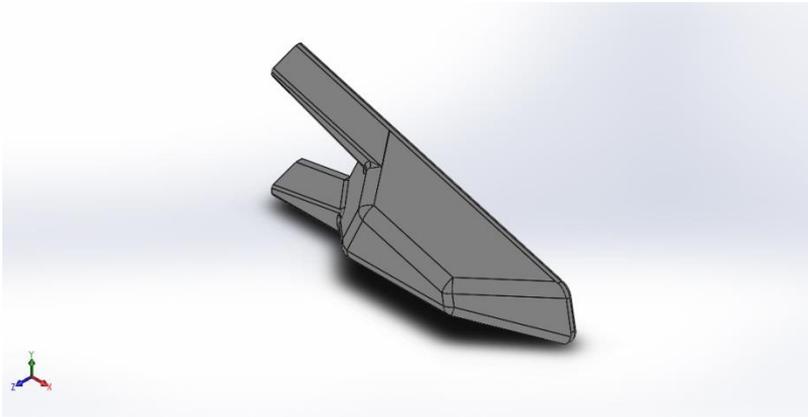
## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

---

### Informes de simulación cargas puntuales retrovisor B.



#### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor B 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis carga inferior retrovisor B

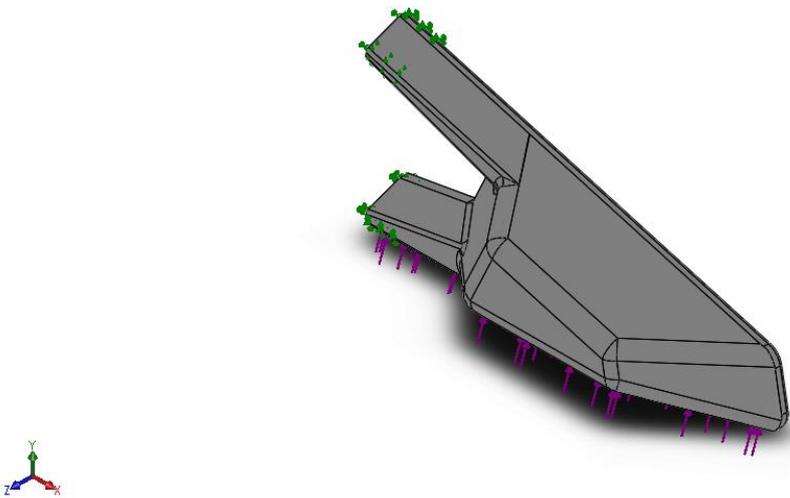
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....              | 214                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....             | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....    | 215                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....   | 216                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                 | 216                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> .....  | 217                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....      | 218                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ..... | ¡Error! Marcador no def       |
| <a href="#">Información de contacto</a> .....  | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....     | 219                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> .....      | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....      | 220                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                    | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....   | 221                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....               | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Información de modelo

|                          |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
| <p>Nombre del modelo: Retrovisor B 3mm<br/>Configuración actual: Predeterminado</p>                         |              |   |  |
| Sólidos   |              |   |  |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación  |
| <p>Cortar-Extruir10</p>  | Sólido       | <p>Masa:0.108678 kg<br/>Volumen:0.000106547 m<sup>3</sup><br/>Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup><br/>Peso:1.06505 N</p> | <p>C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS\Retrovisor B 3mm.SLDPRT<br/>Jul 19 18:26:14 2020</p> |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

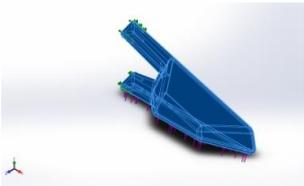
|   |   |
|---|---|
| Nombre de estudio   | Análisis carga inferior retrovisor B  |
| Tipo de análisis  | Análisis estático   |
| Tipo de malla   | Malla sólida  |
| Efecto térmico:   | Activar   |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas   |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin  |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar  |
| Tipo de solver  | FFEPlus   |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar  |
| Muelle blando:  | Desactivar  |
| Desahogo inercial:  | Desactivar  |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático  |
| Gran desplazamiento   | Desactivar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar   |
| Fricción  | Desactivar  |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar  |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS<br>(C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

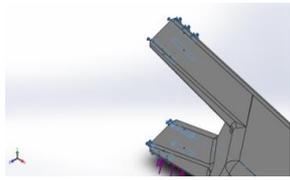
## IV. Apéndices

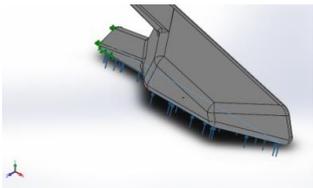
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes                                  |
|---|---|--|
|  | <p><b>Nombre:</b> ABS</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394</p> <p><b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p> | Sólido 1(Cortar-Extruir10)(Retrovisor B 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |  |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción              | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |                   |
|---------------------------------|---|--|----------|-------------------|
| <b>Fijo-1</b>                   |  | <b>Entidades:</b> 6 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |                   |
| <b>Fuerzas resultantes</b>      |   |  |          |                   |
| <b>Componentes</b>              | <b>X</b>  | <b>Y</b>   | <b>Z</b> | <b>Resultante</b> |
| <b>Fuerza de reacción(N)</b>    | -9.42606e-005   | -37.5864   | 13.6812  | 39.9989           |
| <b>Momento de reacción(N.m)</b> | 0   | 0  | 0        | 0                 |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|
| <b>Fuerza-1</b> |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |

## IV. Apéndices

---

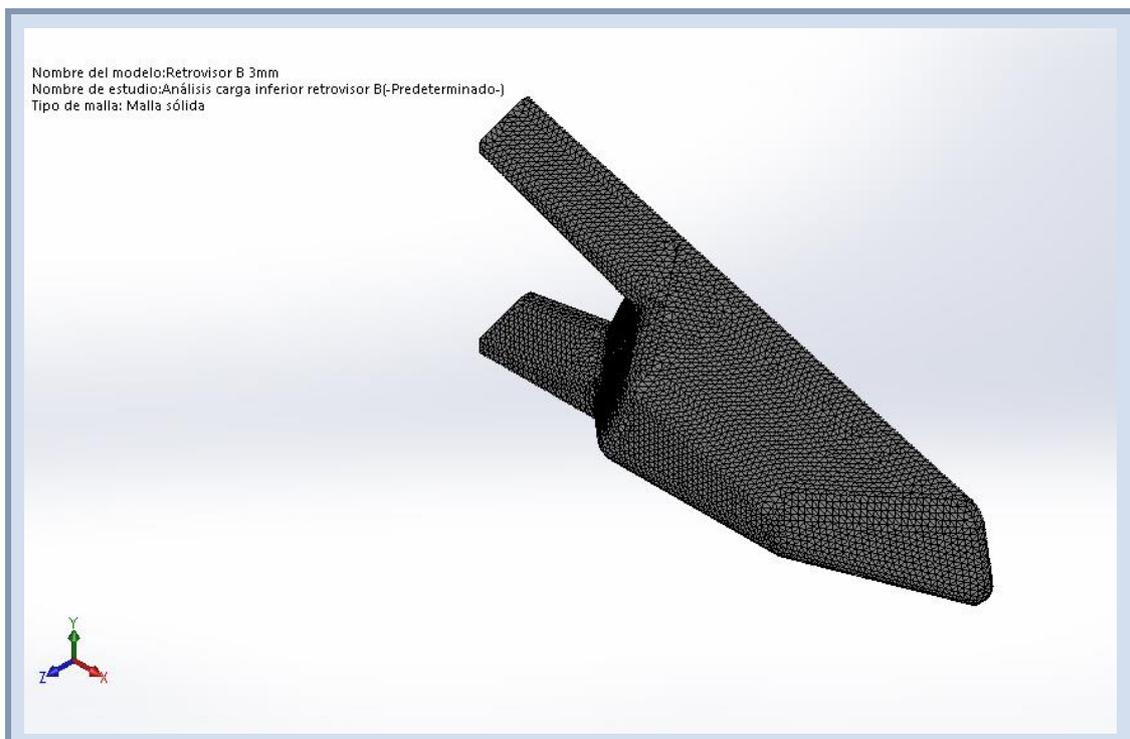
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.4253 mm                           |
| Tolerancia                           | 0.121265 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 104730     |
| Número total de elementos                       | 63049      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 13.554     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.4       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0.0222     |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:06   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X         | Sum Y    | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|---------------|----------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | -9.42606e-005 | -37.5864 | 13.6812 | 39.9989    |

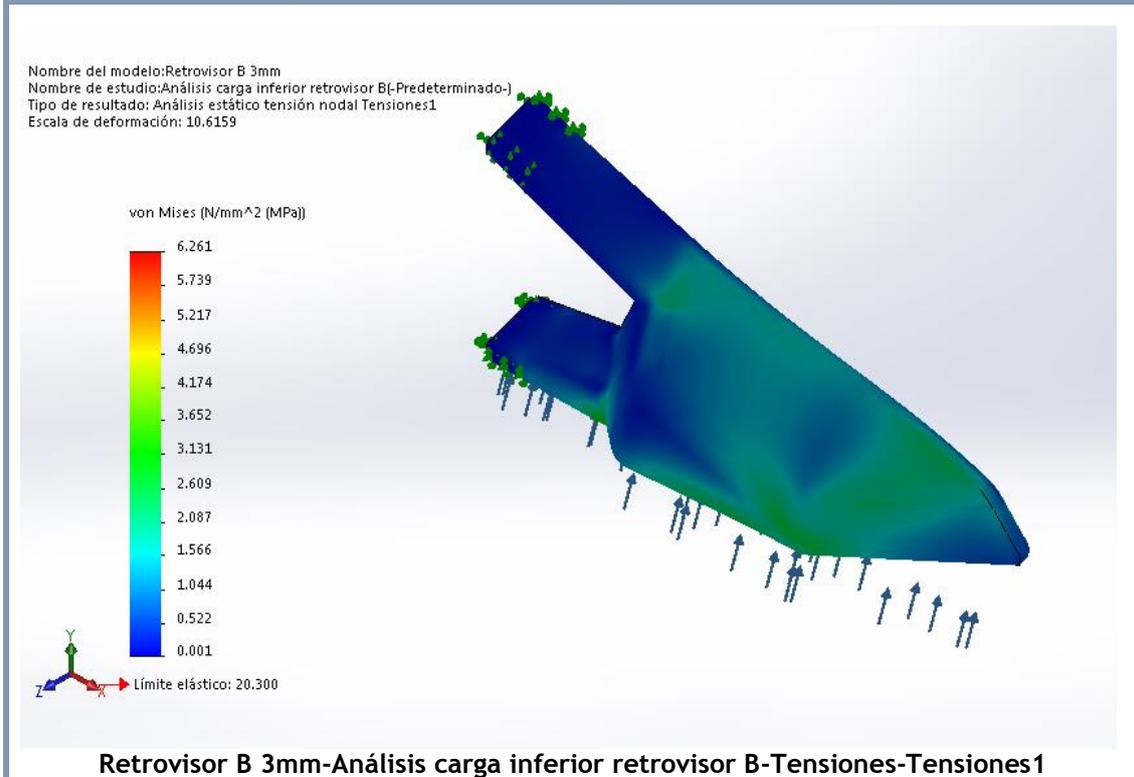
#### Momentos de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

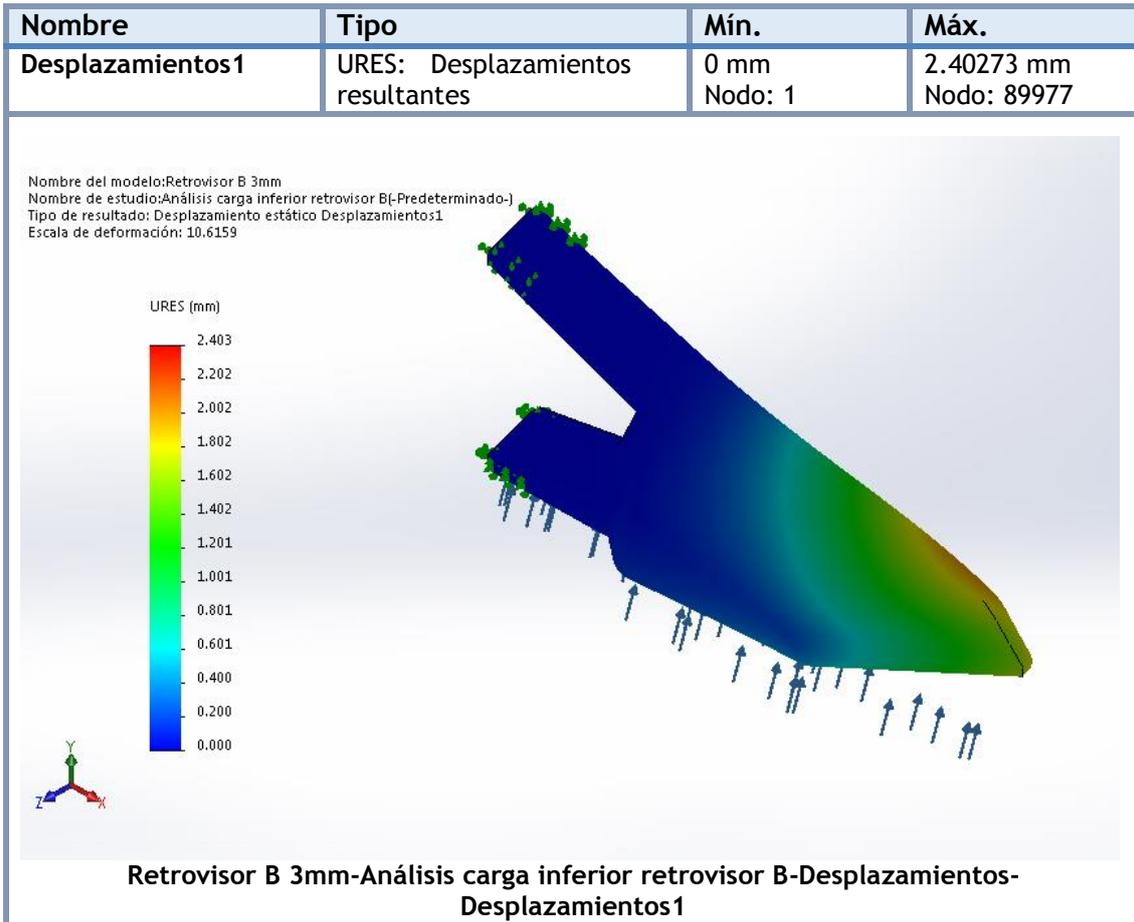
## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

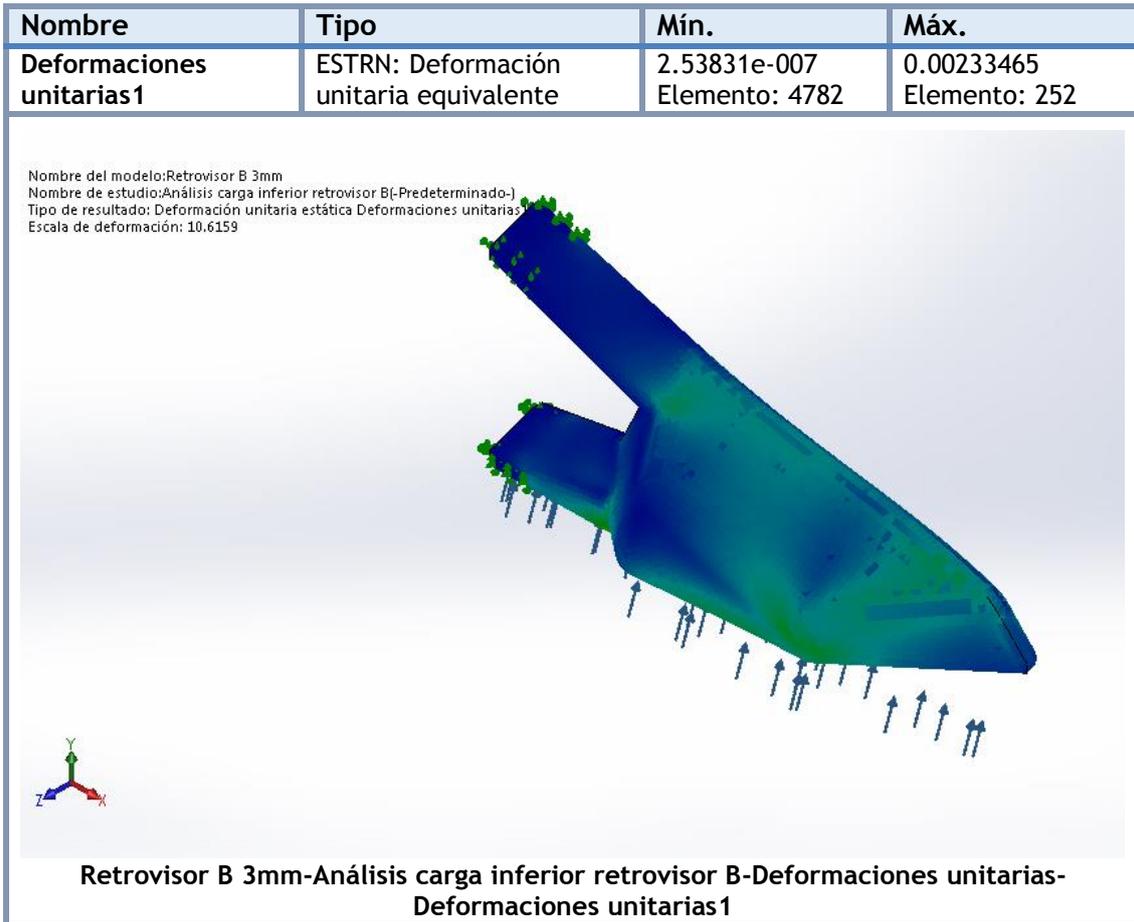
| Nombre     | Tipo                      | Mín.  | Máx.   |
|------------|---------------------------|---|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.000571901<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 893 | 6.26055 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 5311 |



## IV. Apéndices

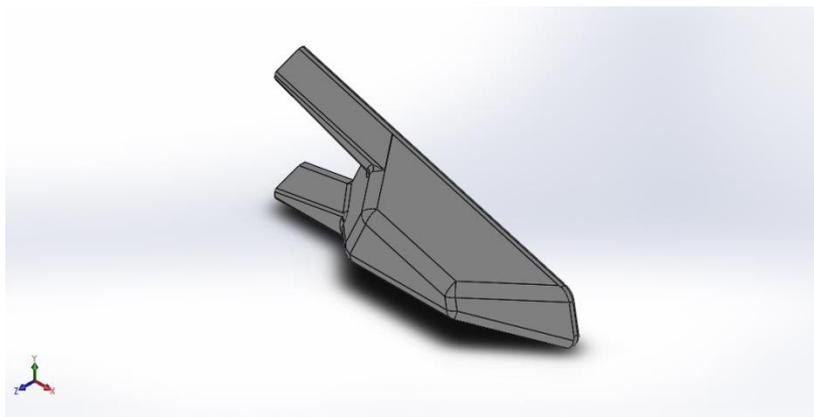


## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

---



### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor B 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis carga frontal retrovisor B

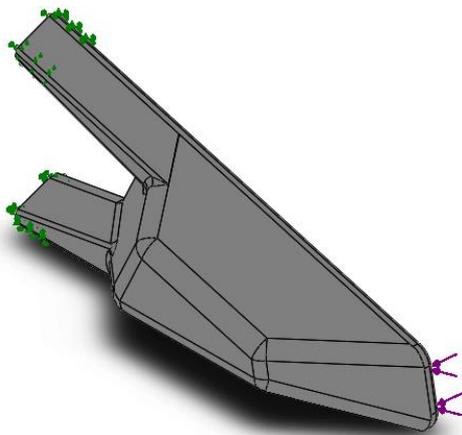
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....              | 224                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....             | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....    | 225                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....   | 226                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                 | 226                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> .....  | 227                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....      | 228                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ..... | ¡Error! Marcador no def       |
| <a href="#">Información de contacto</a> .....  | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....     | 229                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> .....      | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....      | 230                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                    | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....   | 231                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....               | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Información de modelo

|                          |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
|                          |              |   |  |
| <p>Nombre del modelo: Retrovisor B 3mm<br/>Configuración actual: Predeterminado</p>                         |              |   |  |
| Sólidos   |              |   |  |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación  |
| <p>Cortar-Extruir10</p>  | Sólido       | <p>Masa:0.108678 kg<br/>Volumen:0.000106547 m<sup>3</sup><br/>Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup><br/>Peso:1.06505 N</p> | <p>C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS\Retrovisor B 3mm.SLDPRT<br/>Jul 19 18:26:14 2020</p> |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

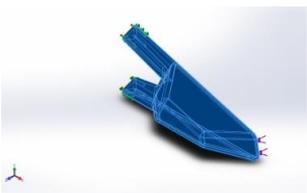
|   |   |
|---|---|
| Nombre de estudio   | Análisis carga frontal retrovisor B   |
| Tipo de análisis  | Análisis estático   |
| Tipo de malla   | Malla sólida  |
| Efecto térmico:   | Activar   |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas   |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin  |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar  |
| Tipo de solver  | FFEPlus   |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar  |
| Muelle blando:  | Desactivar  |
| Desahogo inercial:  | Desactivar  |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático  |
| Gran desplazamiento   | Desactivar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar   |
| Fricción  | Desactivar  |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar  |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS<br>(C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

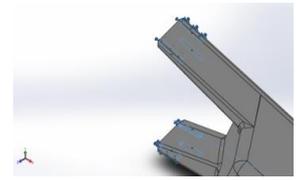
## IV. Apéndices

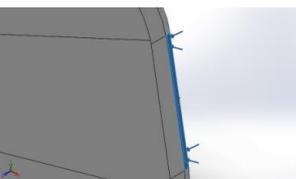
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes                                  |
|---|---|--|
|  | <p><b>Nombre:</b> ABS</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394</p> <p><b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p> | Sólido 1(Cortar-Extruir10)(Retrovisor B 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |  |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción       | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |            |  |
|--------------------------|---|--|----------|------------|--|
| <b>Fijo-1</b>            |  | <b>Entidades:</b> 6 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |            |  |
| Fuerzas resultantes      |   |  |          |            |  |
| Componentes              | X   | Y  | Z        | Resultante |  |
| Fuerza de reacción(N)    | 26.8205   | 4.7274   | -27.2345 | 38.515     |  |
| Momento de reacción(N.m) | 0   | 0  | 0        | 0          |  |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|--|
| <b>Fuerza-1</b> |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |  |

## IV. Apéndices

---

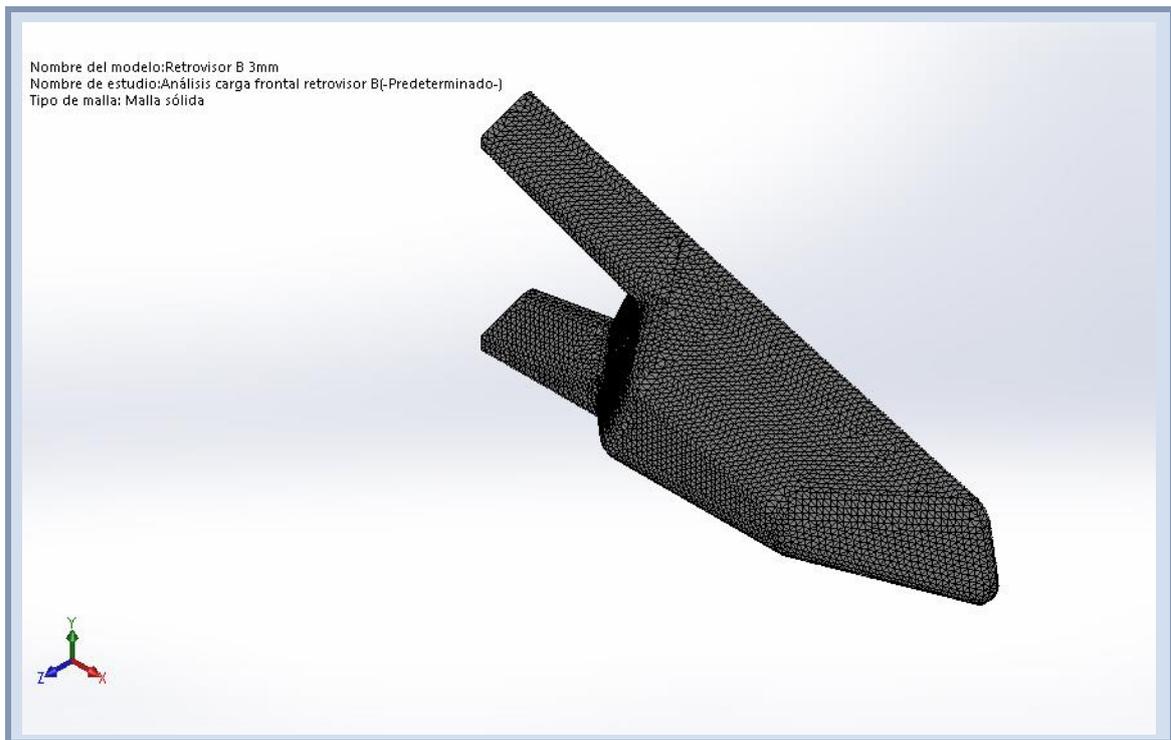
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.4253 mm                           |
| Tolerancia                           | 0.121265 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 104730     |
| Número total de elementos                       | 63049      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 13.554     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.4       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0.0222     |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:06   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X   | Sum Y  | Sum Z    | Resultante |
|-------------------------|----------|---------|--------|----------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 26.8205 | 4.7274 | -27.2345 | 38.515     |

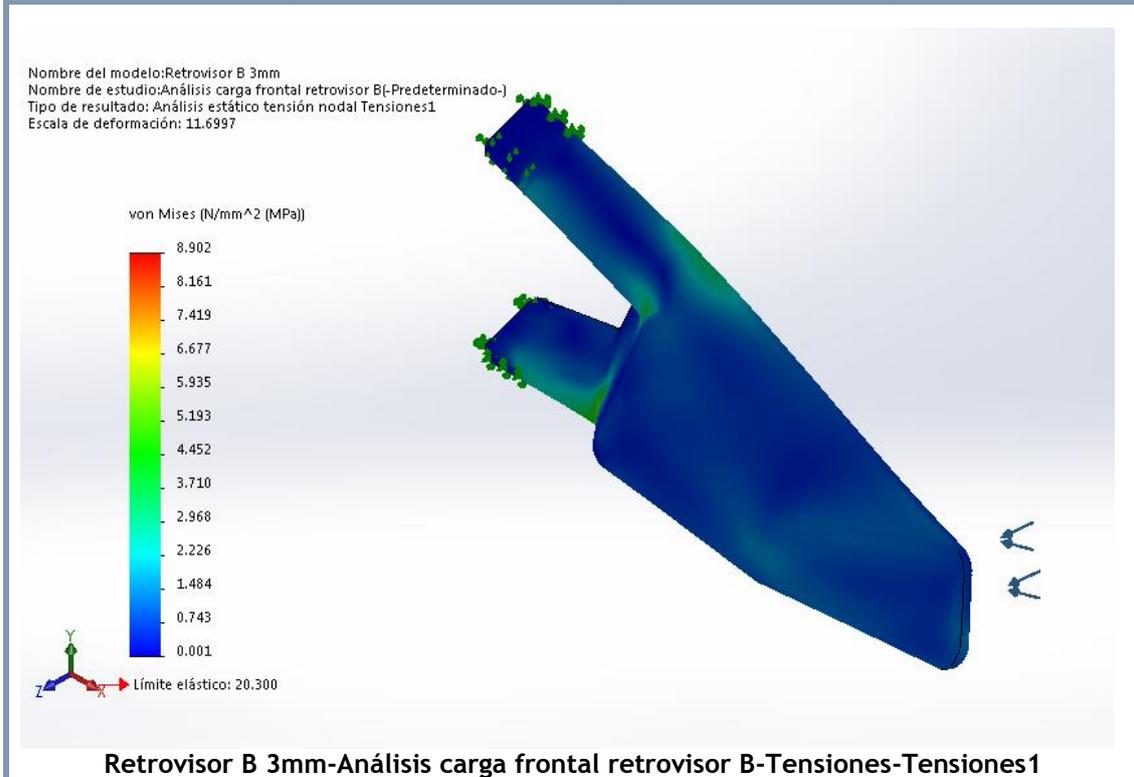
#### Momentos de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

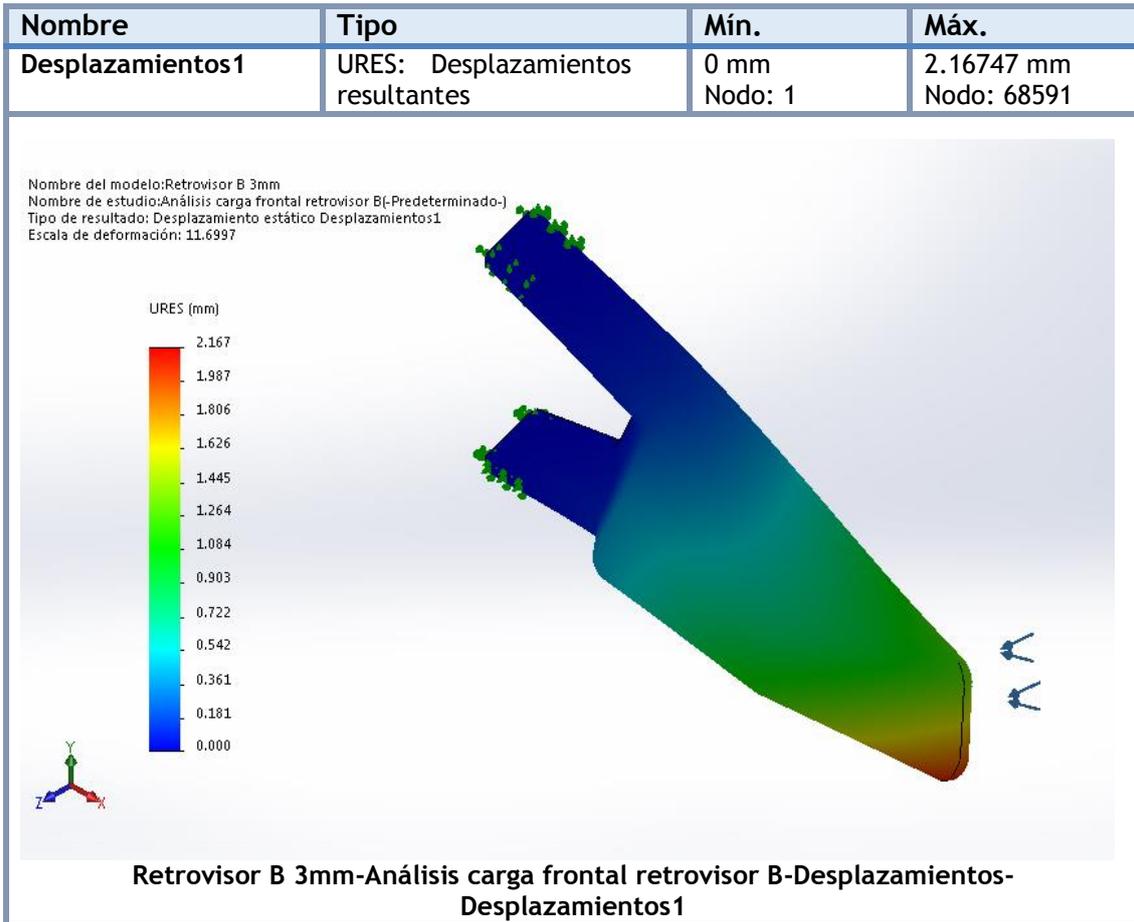
## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

| Nombre     | Tipo                      | Mín.  | Máx.   |
|------------|---------------------------|---|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.000848983<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 97887 | 8.90243 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 5311 |



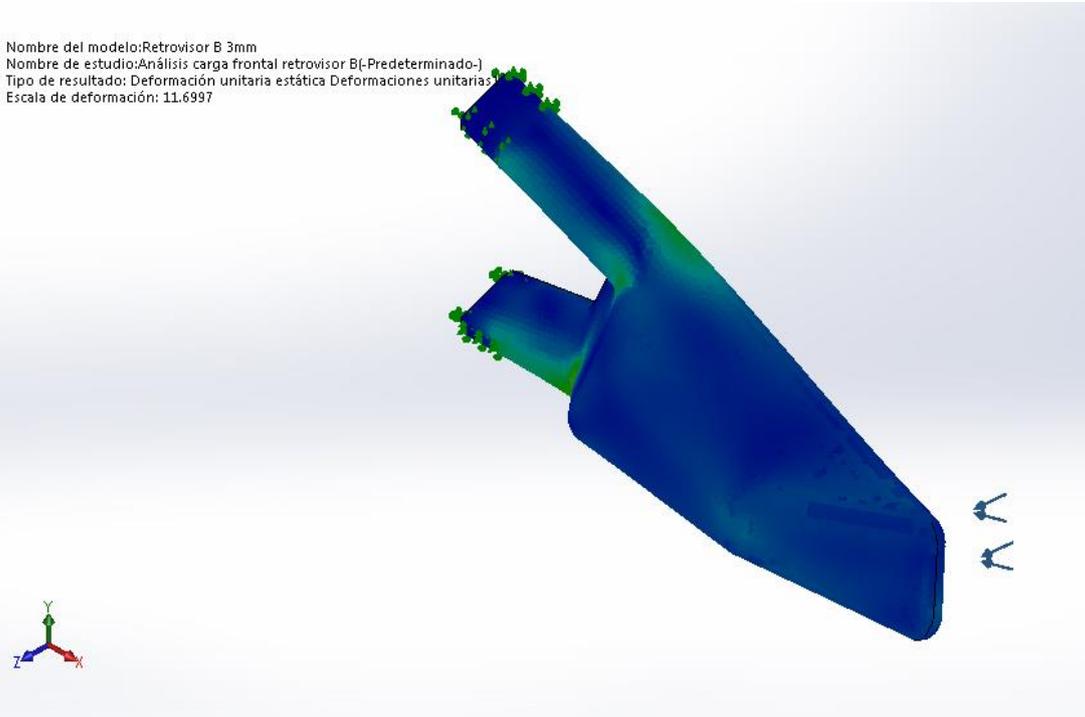
## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

| Nombre                   | Tipo                                    | Mín.                            | Máx.                        |
|--------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 4.42382e-007<br>Elemento: 15761 | 0.00345326<br>Elemento: 252 |

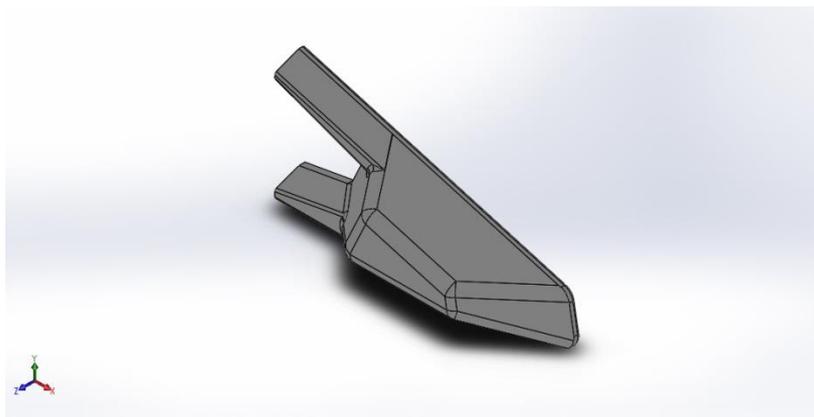
Nombre del modelo:Retrovisor B 3mm  
Nombre de estudio:Análisis carga frontal retrovisor B[-Predeterminado-]  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias  
Escala de deformación: 11.6997



**Retrovisor B 3mm-Análisis carga frontal retrovisor B-Deformaciones unitarias-  
Deformaciones unitarias1**

## IV. Apéndices

---



### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor B 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis carga posterior retrovisor B

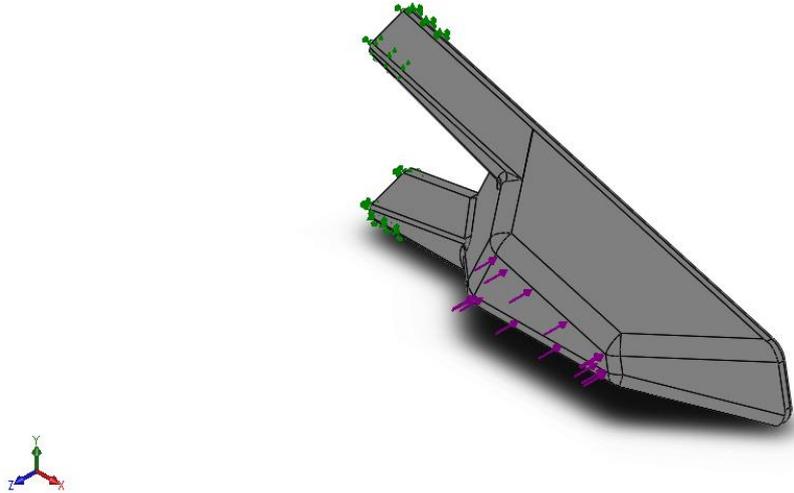
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....             | 234                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....            | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....   | 235                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....  | 236                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                | 236                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> ..... | 237                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....     | 238                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a>      | ¡Error! Marcador no def       |
| <a href="#">Información de contacto</a>       | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....    | 239                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> .....     | 240                           |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....     | 240                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....  | 241                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....              | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Información de modelo

|  <p>Nombre del modelo: Retrovisor B 3mm<br/>Configuración actual: Predeterminado</p> |              |   |   |
|---|--------------|---|---|
| Sólidos   |              |   |   |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación   |
| <p>Cortar-Extruir10</p>    | Sólido       | Masa:0.108678 kg<br>Volumen:0.000106547 m <sup>3</sup><br>Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup><br>Peso:1.06505 N | C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS \Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS\Retrovisor B 3mm.SLDPRT<br>Jul 19 18:26:14 2020 |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

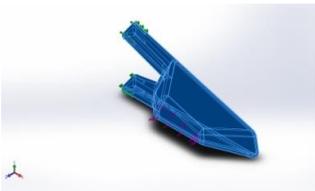
|   |   |
|---|---|
| Nombre de estudio   | Análisis carga posterior retrovisor B   |
| Tipo de análisis  | Análisis estático   |
| Tipo de malla   | Malla sólida  |
| Efecto térmico:   | Activar   |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas   |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin  |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar  |
| Tipo de solver  | FFEPlus   |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar  |
| Muelle blando:  | Desactivar  |
| Desahogo inercial:  | Desactivar  |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático  |
| Gran desplazamiento   | Desactivar  |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar   |
| Fricción  | Desactivar  |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar  |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS<br>(C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

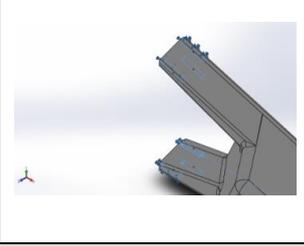
## IV. Apéndices

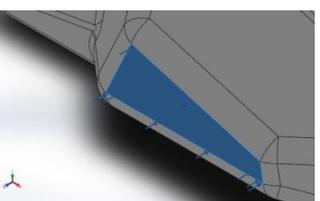
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes                                  |
|---|---|--|
|  | <p><b>Nombre:</b> ABS</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394</p> <p><b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p> | Sólido 1(Cortar-Extruir10)(Retrovisor B 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |  |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción       | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |         |            |
|--------------------------|---|--|---------|------------|
| Fijo-1                   |  | <b>Entidades:</b> 6 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |         |            |
| Fuerzas resultantes      |   |  |         |            |
| Componentes              | X   | Y  | Z       | Resultante |
| Fuerza de reacción(N)    | -0.00186539   | 0.00139824   | 39.9986 | 39.9986    |
| Momento de reacción(N.m) | 0   | 0  | 0       | 0          |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|
| Fuerza-1        |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |

## IV. Apéndices

---

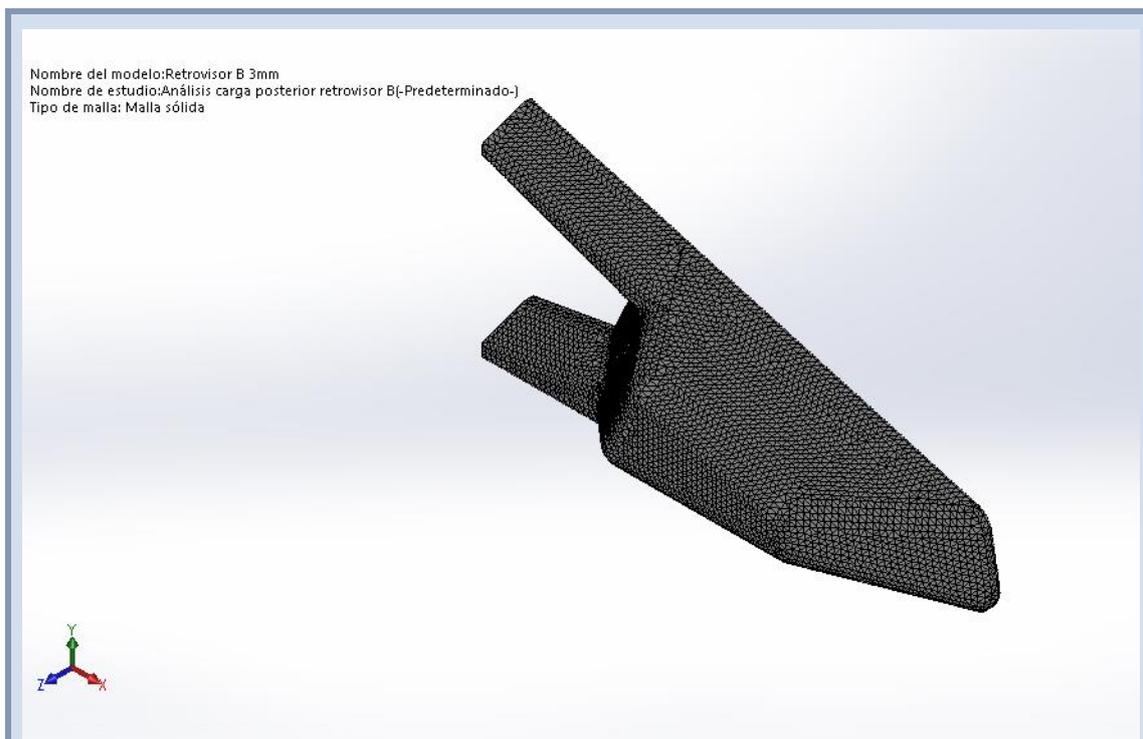
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.4253 mm                           |
| Tolerancia                           | 0.121265 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 104730     |
| Número total de elementos                       | 63049      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 13.554     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.4       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0.0222     |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:06   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Detalles del sensor

No hay datos

### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X       | Sum Y      | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|-------------|------------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | -0.00186539 | 0.00139824 | 39.9986 | 39.9986    |

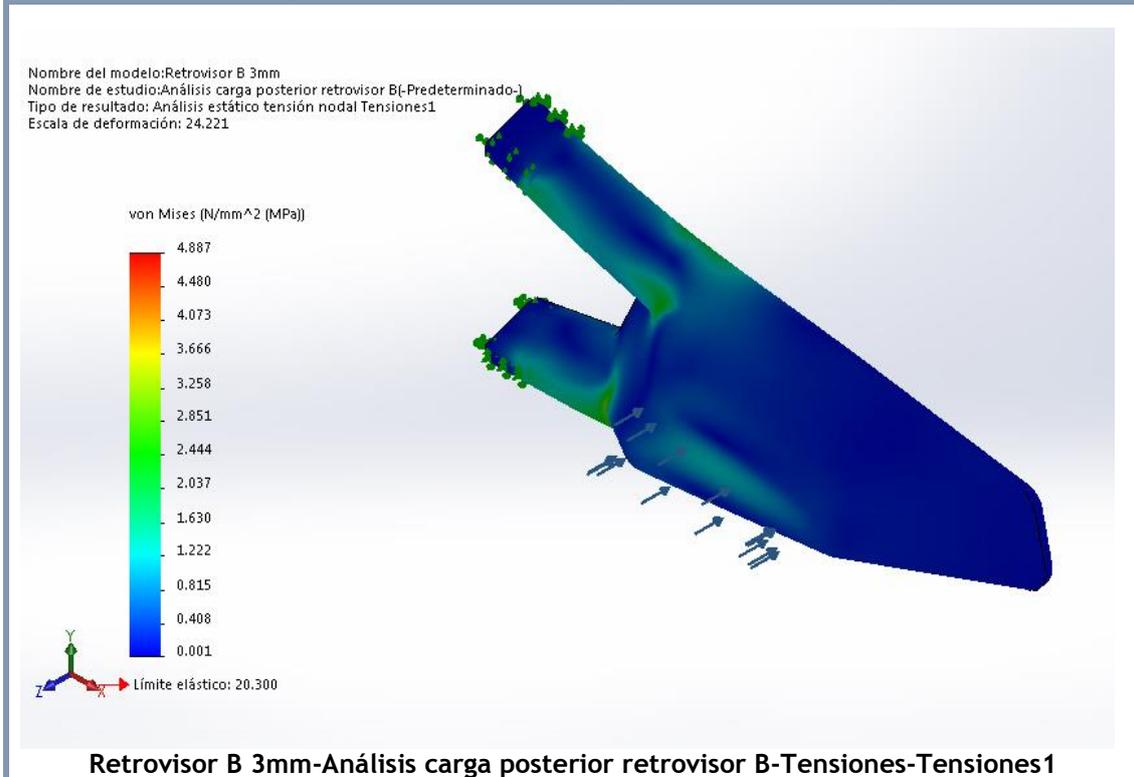
#### Momentos de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

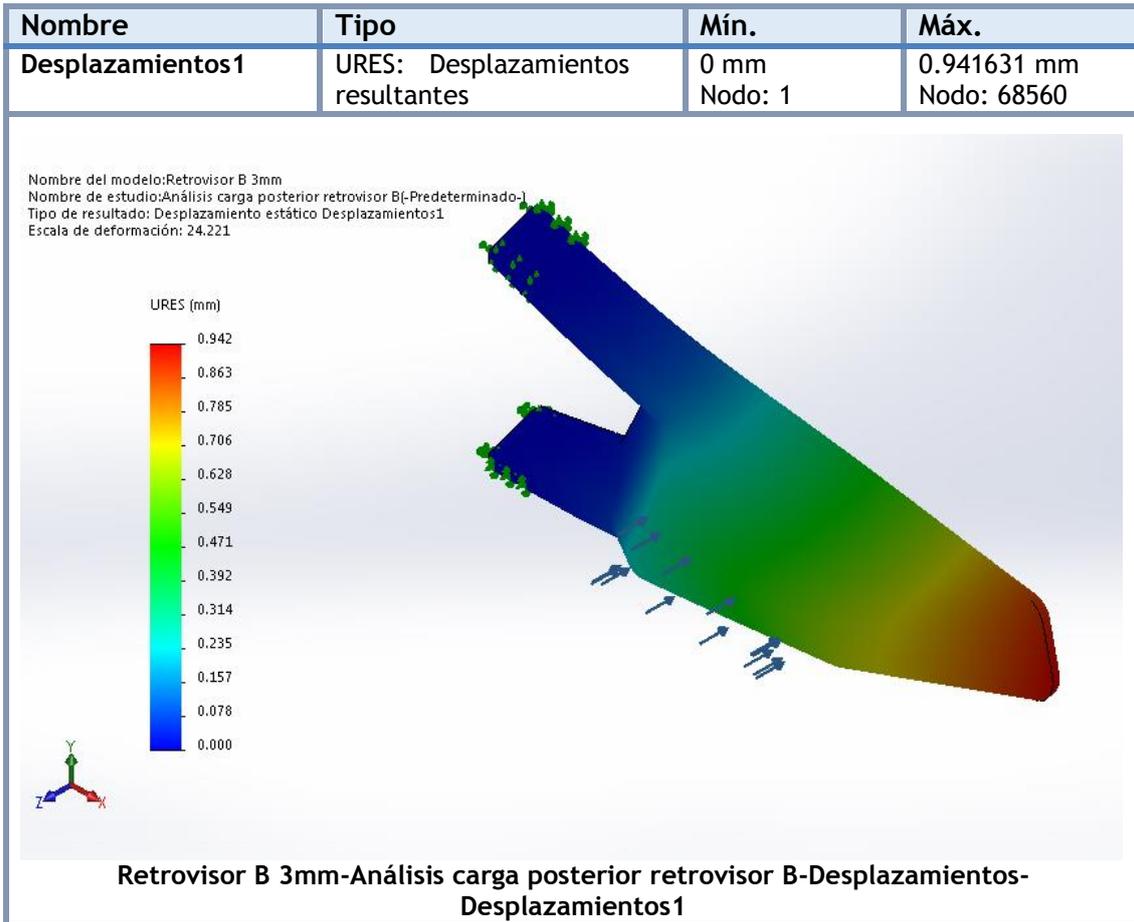
## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

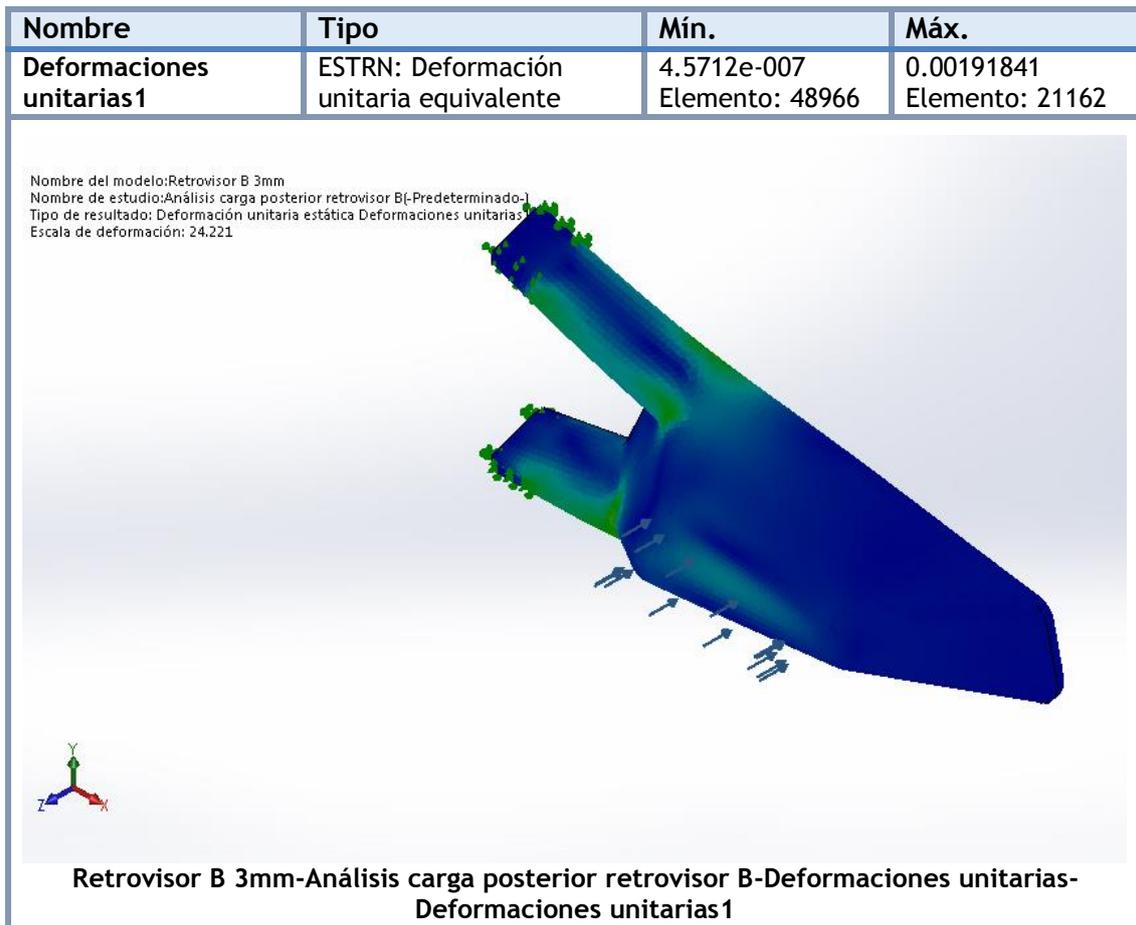
| Nombre     | Tipo                      | Mín.  | Máx.   |
|------------|---------------------------|---|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.000916836<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 93015 | 4.88717 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 5311 |



## IV. Apéndices

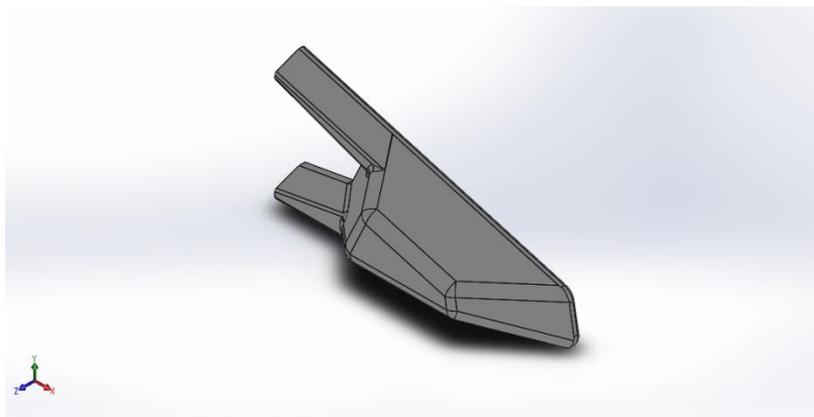


## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

---



### Descripción

No hay datos

## Simulación de Retrovisor B 3mm

Fecha: domingo, 19 de julio de 2020

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis carga superior retrovisor B

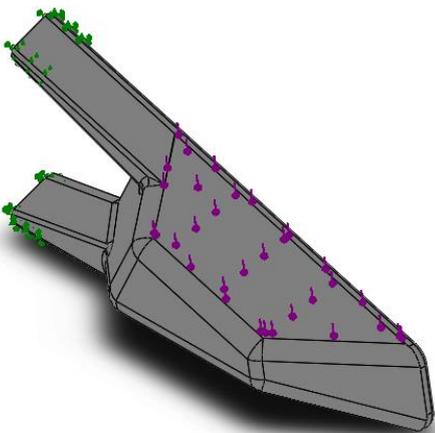
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <a href="#">Descripción</a> .....             | 244                           |
| <a href="#">Suposiciones</a> .....            | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Información de modelo</a> .....   | 245                           |
| <a href="#">Propiedades de estudio</a> .....  | 246                           |
| <a href="#">Unidades</a> .....                | 246                           |
| <a href="#">Propiedades de material</a> ..... | 247                           |
| <a href="#">Cargas y sujeciones</a> .....     | 248                           |
| <a href="#">Definiciones de conector</a> ;    | ¡Error! Marcador no def       |
| <a href="#">Información de contacto</a> ;     | ¡Error! Marcador no defi      |
| <a href="#">Información de malla</a> .....    | 249                           |
| <a href="#">Detalles del sensor</a> ;         | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Fuerzas resultantes</a> .....     | 250                           |
| <a href="#">Vigas</a> .....                   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <a href="#">Resultados del estudio</a> .....  | 251                           |
| <a href="#">Conclusión</a> .....              | ¡Error! Marcador no definido. |

## IV. Apéndices

### Información de modelo

|                          |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
|                          |              |   |  |
| <p>Nombre del modelo: Retrovisor B 3mm<br/>Configuración actual: Predeterminado</p>                         |              |   |  |
| Sólidos   |              |   |  |
| Nombre de documento y referencia  | Tratado como | Propiedades volumétricas  | Ruta al documento/Fecha de modificación  |
| <p>Cortar-Extruir10</p>  | Sólido       | <p>Masa:0.108678 kg<br/>Volumen:0.000106547 m<sup>3</sup><br/>Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup><br/>Peso:1.06505 N</p> | <p>C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1º REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS\Retrovisor B 3mm.SLDPRT<br/>Jul 19 18:26:14 2020</p> |

## IV. Apéndices

---

### Propiedades de estudio

|   |  |
|---|--|
| Nombre de estudio   | Análisis carga superior retrovisor B   |
| Tipo de análisis  | Análisis estático  |
| Tipo de malla   | Malla sólida   |
| Efecto térmico:   | Activar  |
| Opción térmica  | Incluir cargas térmicas  |
| Temperatura a tensión cero  | 298 Kelvin   |
| Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation | Desactivar   |
| Tipo de solver  | FFEPlus  |
| Efecto de rigidización por tensión (Inplane):                                 | Desactivar   |
| Muelle blando:  | Desactivar   |
| Desahogo inercial:  | Desactivar   |
| Opciones de unión rígida incompatibles  | Automático   |
| Gran desplazamiento   | Desactivar   |
| Calcular fuerzas de cuerpo libre  | Activar  |
| Fricción  | Desactivar   |
| Utilizar método adaptativo:   | Desactivar   |
| Carpeta de resultados   | Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Usuario\Desktop\PROYECTO-RETROVISOR\1° REVISION DE PROFESOR\DISEÑOS\Análisis de cargas 100kg\Nuevo B en ABS) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

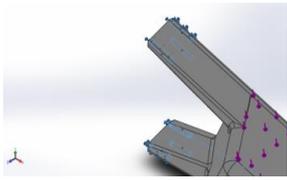
## IV. Apéndices

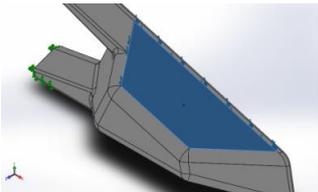
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades   | Componentes                                  |
|---|---|--|
|  | <p><b>Nombre:</b> ABS</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.03e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.394</p> <p><b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p> | Sólido 1(Cortar-Extruir10)(Retrovisor B 3mm) |
| Datos de curva: N/A   |   |  |

## IV. Apéndices

### Cargas y sujeciones

| Nombre de sujeción              | Imagen de sujeción  | Detalles de sujeción                                       |          |                   |
|---------------------------------|---|--|----------|-------------------|
| <b>Fijo-1</b>                   |  | <b>Entidades:</b> 6 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Geometría fija |          |                   |
| <b>Fuerzas resultantes</b>      |   |  |          |                   |
| <b>Componentes</b>              | <b>X</b>  | <b>Y</b>   | <b>Z</b> | <b>Resultante</b> |
| <b>Fuerza de reacción(N)</b>    | 10.5856   | 36.0654  | 13.6802  | 39.999            |
| <b>Momento de reacción(N.m)</b> | 0   | 0  | 0        | 0                 |

| Nombre de carga | Cargar imagen   | Detalles de carga   |  |  |
|-----------------|---|---|--|--|
| <b>Fuerza-1</b> |  | <b>Entidades:</b> 1 cara(s)<br><b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal<br><b>Valor:</b> 40 N |  |  |

## IV. Apéndices

---

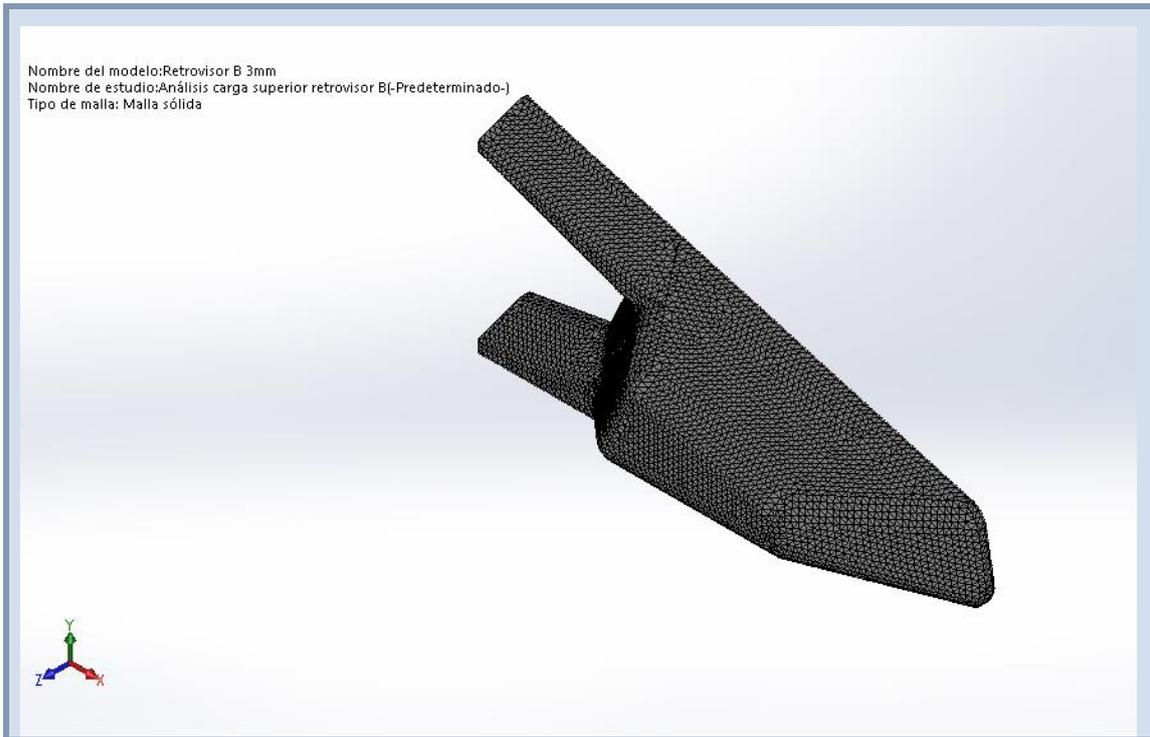
### Información de malla

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de malla                        | Malla sólida                        |
| Mallador utilizado:                  | Malla estándar                      |
| Transición automática:               | Desactivar                          |
| Incluir bucles automáticos de malla: | Desactivar                          |
| Puntos jacobianos                    | 4 Puntos                            |
| Tamaño de elementos                  | 2.4253 mm                           |
| Tolerancia                           | 0.121265 mm                         |
| Calidad de malla                     | Elementos cuadráticos de alto orden |

### Información de malla - Detalles

|   |            |
|---|------------|
| Número total de nodos                           | 104730     |
| Número total de elementos                       | 63049      |
| Cociente máximo de aspecto                      | 13.554     |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3  | 99.4       |
| % de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 | 0.0222     |
| % de elementos distorsionados (Jacobiana)       | 0          |
| Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):      | 00:00:06   |
| Nombre de computadora:                          | USUARIO-PC |

## IV. Apéndices



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X   | Sum Y   | Sum Z   | Resultante |
|-------------------------|----------|---------|---------|---------|------------|
| Todo el modelo          | N        | 10.5856 | 36.0654 | 13.6802 | 39.999     |

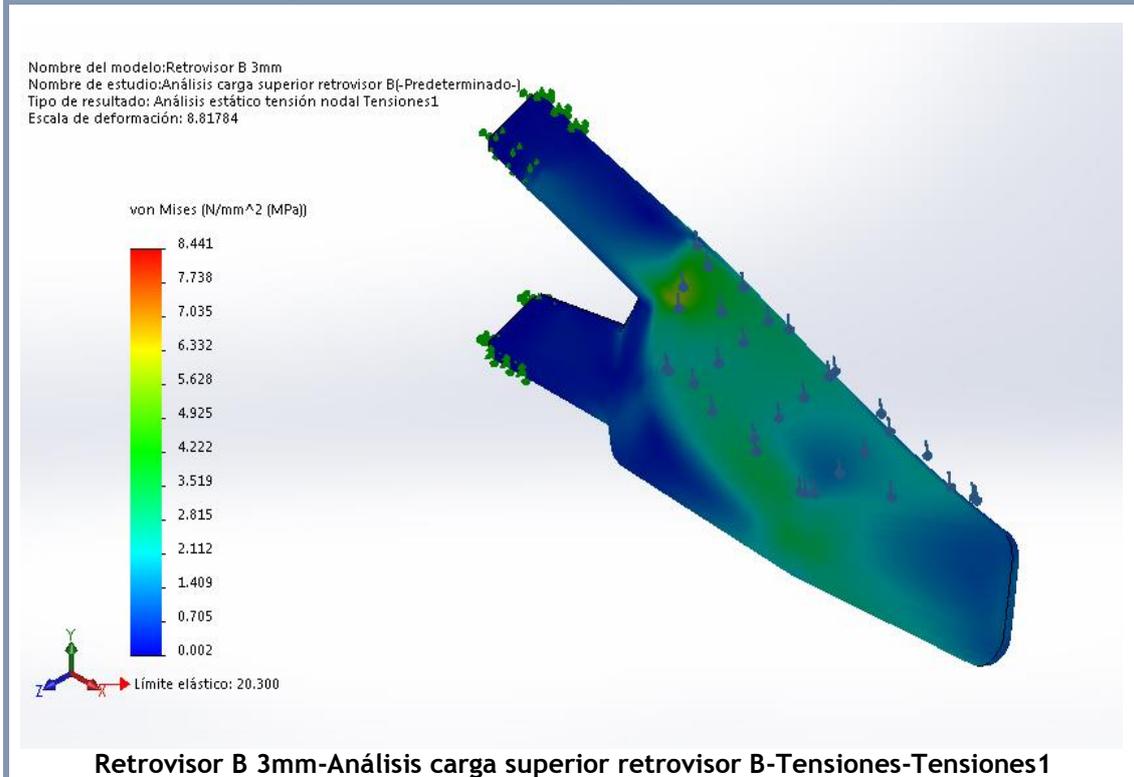
#### Momentos de reacción

| Conjunto de selecciones | Unidades | Sum X | Sum Y | Sum Z | Resultante |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|
| Todo el modelo          | N.m      | 0     | 0     | 0     | 0          |

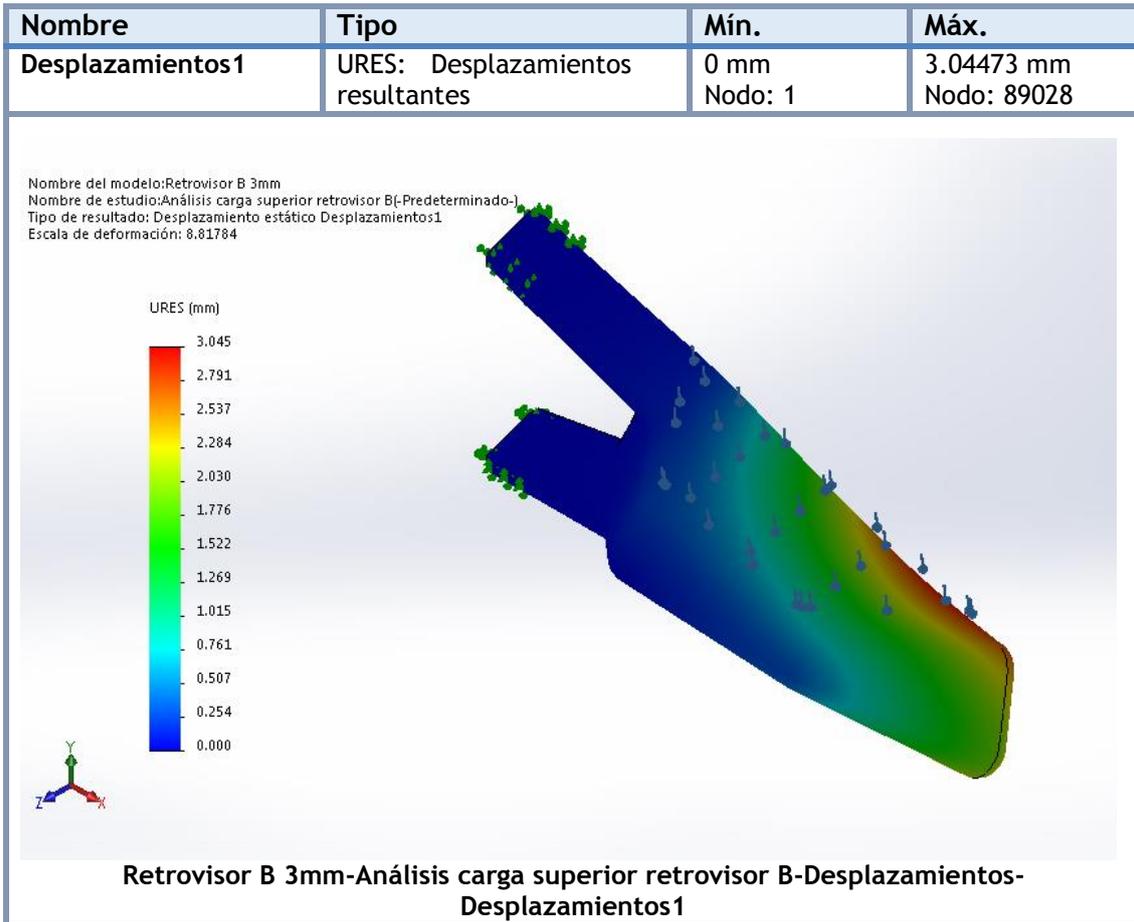
## IV. Apéndices

### Resultados del estudio

| Nombre     | Tipo                      | Mín.   | Máx.   |
|------------|---------------------------|--|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 0.00210668<br>N/mm <sup>2</sup> (MPa)<br>Nodo: 97999 | 8.44149 N/mm <sup>2</sup><br>(MPa)<br>Nodo: 5411 |



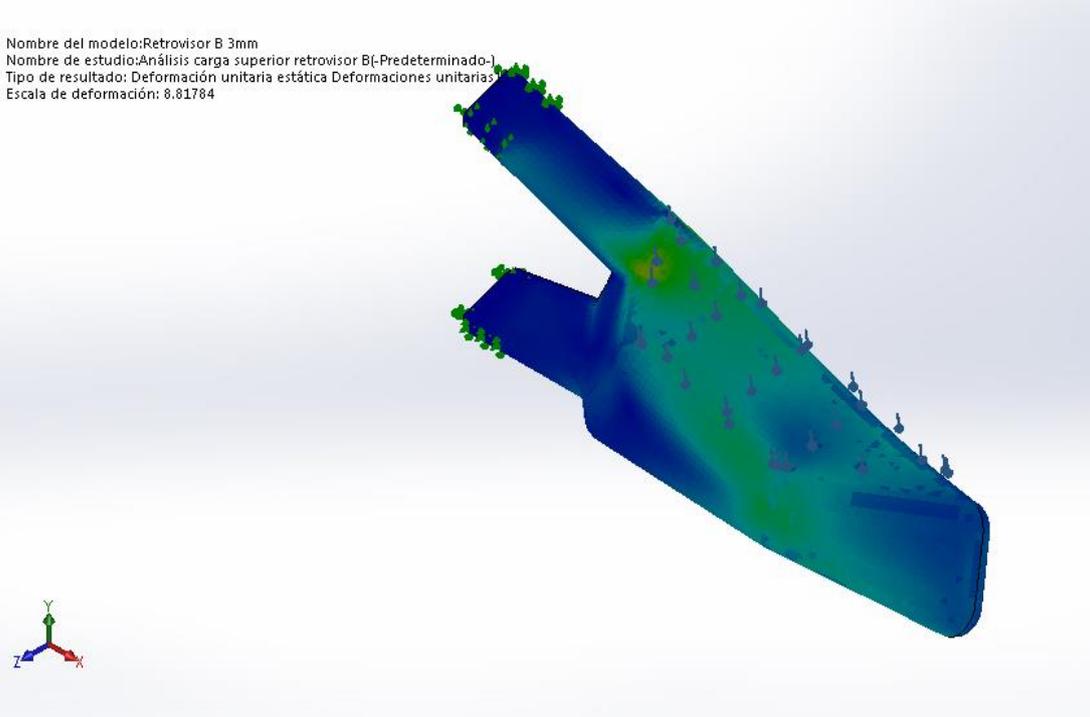
## IV. Apéndices



## IV. Apéndices

| Nombre                   | Tipo                                    | Mín.                           | Máx.                          |
|--------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 1.21508e-006<br>Elemento: 4586 | 0.00317511<br>Elemento: 15085 |

Nombre del modelo:Retrovisor B 3mm  
Nombre de estudio:Análisis carga superior retrovisor B(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias  
Escala de deformación: 8.81784



**Retrovisor B 3mm-Análisis carga superior retrovisor B-Deformaciones unitarias-  
Deformaciones unitarias1**

### **Apéndice IV.4. Planos acotados.**

# IV. Apéndices

