

**Universidad Internacional del Ecuador**

**Facultad de Ciencias Técnicas**

**Escuela de Ingeniería Automotriz**



**TEMA:**

**Diseño Aerodinámico de Parachoques Delantero a Través de  
Simulación Virtual para Cabezal Kenworth T800**

**Proyecto de Titulación para la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica  
Automotriz**

**Valarezo Acosta Michael Steve**

**Director: Ing. Edgar Gustavo Vera Puebla, MsC.**

**Guayaquil- Ecuador  
Marzo, 2021**



**Universidad Internacional del Ecuador**  
**Escuela de Ingeniería Automotriz**

**Certificado**

**Ing. Edgar Gustavo Vera Puebla, MsC**

**CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Diseño Aerodinámico de Parachoques Delantero a través de Simulación Virtual para Cabezal Kenworth T800”, realizado por el estudiante: **Michael Steve Valarezo Acosta**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estipuladas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza al Sr. Michael Steve Valarezo Acosta, que lo entregue a la biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, febrero 2021

---

Ing. Edgar Vera Puebla, MsC  
Director de Proyecto

**Universidad Internacional del Ecuador**  
**Escuela de Ingeniería Automotriz**

**Certificado Y Acuerdo De Confidencialidad**

Yo, Michael Steve Valarezo Acosta, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Michael Steve Valarezo Acosta  
C.I: 093097313-6

**Dedicatoria**

*“Le agradezco en primer lugar a Dios por permitirme vivir cada día, a lo largo de cinco años esta carrera universitaria, a mis padres y hermana por apoyarme cada día y ser mi inspiración para no rendirme”*

*Michael Steve Valarezo Acosta*

## Agradecimientos

Durante estos cinco años he llegado a experimentar muchas emociones, más buenas que malas, cada día aprendiendo nuevas cosas que me permitieron crecer de manera profesional y personal.

Agradezco a cada una de las personas que estuvieron acompañándome en esta carrera, a mis amigos Daniela Campoverde, Lenin Bautista, José Pita, Stefano Hernández, Angie Álvarez y el resto del curso que en cada proyecto siempre tratábamos de hacerlo de la mejor manera y entregarlo a tiempo para no sufrir en el semestre, así como Gricel Véliz, Joel Caicedo y Elizabeth Rodríguez que siempre me daban ánimos y hacían que me enfocara en la carrera universitaria.

A cada uno de los profesores que tuve en estos diez semestres, que nos brindaban consejos para resolver las tareas, hacer presentaciones de calidad, y sobre todo con esos consejos de vida.

Por último, quiero agradecer a las personas más importantes de mi vida y mi fuente de inspiración, mis padres Patricia y Carlos quienes me apoyaron cada día y en todo sentido permitiéndome realizar el sueño de estudiar ingeniería automotriz, y llegando este día poder darles el orgullo de ser un profesional, a mi hermana Annie y mi sobrina Leah, alegrándome cada día con sus sonrisas y bromas.

Cada momento que pase en la Universidad los guardaré eternamente en mi corazón.

## GRACIAS TOTALES

*Michael Steve Valarezo Acosta*

## Índice General

Certificado .....	iii
Certificado Y Acuerdo De Confidencialidad .....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tablas.....	xv
Resumen .....	xvi
Abstract.....	xvii
Capítulo I .....	18
Problema de la Investigación.....	18
1.1. Diseño Aerodinámico de Parachoques Delantero a través de simulación virtual para cabezal Kenworth T800 .....	18
1.2. Planteamiento del problema.....	18
1.3. Formulación del problema.....	19
1.4. Sistematización del problema .....	19
1.5. Objetivos de la Investigación .....	20
1.5.1. Objetivo general .....	20
1.5.2. Objetivos específicos .....	20
1.6. Justificación e importancia de la investigación.....	20

1.6.1. Justificación Teórica .....	20
1.6.2. Justificación Metodológica .....	21
1.6.3. Justificación Práctica.....	21
1.6.4. Delimitación Temporal .....	21
1.6.5. Delimitación Geográfica.....	21
1.6.6. Delimitación de Contenido.....	22
1.7. Hipótesis.....	22
1.7.1. Variables de hipótesis .....	22
Capítulo II.....	23
Marco de Referencia.....	23
2.1. Historia de Kenworth.....	23
2.1.1. Kenworth T800.....	30
2.2. Historia del parachoques delantero .....	33
2.2.1. Evolución de 1930 a 1960 .....	33
2.2.2. Evolución de 1961 a 1979 .....	36
2.2.3. Evolución de 1980 a 1999 .....	39
2.2.4. Parachoques delanteros hoy en día.....	40
2.3. Los materiales compuestos.....	42
2.3.1. Importancia de los materiales compuestos .....	43
2.3.2. Componentes de los materiales compuestos .....	46
2.3.3. Materiales compuestos en la industria automotriz.....	54
2.3.4. Los nuevos materiales compuestos .....	55

2.4. Fibras .....	57
2.4.1. Clasificación de las fibras.....	57
2.4.2. Parachoques hecho de fibra natural de la planta de Abacá .....	64
2.4.3. Fibra de Carbono .....	64
2.5. Aerodinámica.....	69
2.5.1. La aerodinámica en los tractocamiones .....	70
2.6. Sistema Computer Aided Engineering.....	71
2.7. Sistema Computer Aided Design .....	71
2.7.1. Inventor Professional Computer Aided Design. ....	71
Capítulo III .....	75
Metodología Aplicada .....	75
3.1. Obtención de geometría.....	75
3.2. Dominio Computacional.....	78
3.3. Generación del mallado .....	86
Capítulo IV .....	93
Análisis e Interpretación de Resultados.....	93
4.1. Análisis de Diseño.....	93
4.2. Pruebas en el sistema .....	94
4.3. Resultados Obtenidos.....	99
Conclusiones.....	108
Recomendaciones .....	110
Bibliografía.....	111

Anexos .....	115
--------------	-----

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Primeros modelos de Kenworth realizados en 1923 .....	23
<b>Figura 2</b> Camión de bombero marca Kenworth .....	24
<b>Figura 3</b> Kenworth modelo M-1.....	25
<b>Figura 4</b> Tráiler para el transporte de combustibles y lubricantes.....	25
<b>Figura 5</b> Presentación en el año 1960 de los Kenworth modelo convencional y cabover .....	27
<b>Figura 6</b> Pruebas de aerodinámica para mejora del CX .....	28
<b>Figura 7</b> A la izquierda modelo Kenworth T300, a la derecha modelo Kenworth T600 .....	29
<b>Figura 8</b> Kenworth T880 .....	29
<b>Figura 9</b> Motores PACCAR MX-11 y MX-13.....	30
<b>Figura 10</b> Diferentes modelos de T800 .....	31
<b>Figura 11</b> A la izquierda el modelo Diamond VIT, a la derecha modelo Splendor .....	32
<b>Figura 12</b> Parachoques construidos por barras de acero .....	33
<b>Figura 13</b> Parachoques de los años 40 de vehículos europeos .....	34
<b>Figura 14</b> Parachoques de vehículos americanos en los años 50 .....	35
<b>Figura 15</b> Parachoques de vehículos europeos en los años 50 .....	35
<b>Figura 16</b> Parachoques americano de los años 60 .....	36
<b>Figura 17</b> Parachoques de los años 60 en modelos deportivos .....	37
<b>Figura 18</b> Parachoques americano basado en el estándar FMVSS.....	38
<b>Figura 19</b> Parachoques europeo en los años 70.....	39
<b>Figura 20</b> Parachoques americano en los 80 .....	39
<b>Figura 21</b> Parachoques europeos en los años 90 .....	40
<b>Figura 22</b> Elementos que constituyen la parte posterior del automóvil .....	41

<b>Figura 23</b> Elementos que constituyen la parte delantera del automóvil .....	41
<b>Figura 24</b> Campo de aplicación de los nuevos materiales.....	42
<b>Figura 25</b> Evolución en el consumo mundial de algunos materiales .....	44
<b>Figura 26</b> Nueve de los sectores de aplicación más comunes de los materiales compuestos .....	45
<b>Figura 27</b> Configuración básica de un material compuesto .....	47
<b>Figura 28</b> Matriz reforzada con material particulado .....	51
<b>Figura 29</b> Refuerzos de alambres, fibras y whiskers .....	52
<b>Figura 30</b> Estructura de un material compuesto laminado .....	53
<b>Figura 31</b> Estructura de un material compuesto tipo sándwich.....	54
<b>Figura 32</b> Clasificación de las fibras naturales.....	58
<b>Figura 33</b> Clasificación de las fibras químicas.....	58
<b>Figura 34</b> Tejido plano de fibra de carbono .....	66
<b>Figura 35</b> Fibra de carbono con tejido cruzado .....	66
<b>Figura 36</b> Tejido satinado de fibra de carbono .....	67
<b>Figura 37</b> Walmart Advanced Vehicle .....	69
<b>Figura 38</b> Aplicación de la aerodinámica designado para los tractocamiones .....	70
<b>Figura 39</b> Ejemplo de análisis de tolerancia.....	73
<b>Figura 40</b> Análisis de Tensión .....	74
<b>Figura 41</b> Parachoques lateral LH de Kenworth T800.....	76
<b>Figura 42</b> Vista frontal del parachoques Kenworth T800 .....	76
<b>Figura 43</b> Daños de parachoques laterales .....	77
<b>Figura 44</b> Daño del recubrimiento de los faros .....	78
<b>Figura 45</b> Plano de tamaño de parachoques central Kenworth T800.....	78
<b>Figura 46</b> Diseño central del parachoques Kenworth T800 .....	79

<b>Figura 47</b> Diseño de la parte superior del parachoques central con el empalme .....	79
<b>Figura 48</b> Diseño de la parte inferior del parachoques central con empalme .....	80
<b>Figura 49</b> Cubierta inferior del parachoques .....	81
<b>Figura 50</b> Diseño final del parachoques frontal del Kenworth T800 .....	81
<b>Figura 51</b> Proceso de elaboración del parachoques lateral.....	82
<b>Figura 52</b> Extrusión de parachoques lateral .....	82
<b>Figura 53</b> Curva de parachoques lateral .....	83
<b>Figura 54</b> Forma final del parachoques lateral del Kenworth T800.....	83
<b>Figura 55</b> Elaboración de boceto del parachoques personalizado.....	84
<b>Figura 56</b> Diseño de boceto de parte superior e inferior del parachoques .....	84
<b>Figura 57</b> Boceto de faros neblineros en el parachoques del Kenworth T800.....	85
<b>Figura 58</b> Vistas del diseño del faro neblinero de Kenworth T800.....	86
<b>Figura 59</b> Creación de volumen exterior .....	87
<b>Figura 60</b> Elección de materiales para la simulación en Autodesk CFD .....	88
<b>Figura 61</b> Selección de condiciones de borde para el análisis de simulación .....	88
<b>Figura 62</b> Mallado automático del parachoques.....	90
<b>Figura 63</b> Detalle de capas del mallado en el parachoques .....	91
<b>Figura 64</b> Detalle del mallado alrededor del túnel de aire.....	92
<b>Figura 65</b> Modelos de parachoques para la simulación.....	94
<b>Figura 66</b> Presión estática del parachoques original .....	95
<b>Figura 67</b> Valores de magnitud de velocidad y presión estática de parachoques original .....	96
<b>Figura 68</b> Presión estática en el parachoques personalizado.....	97
<b>Figura 69</b> Valores de magnitud de velocidad y presión estática de parachoques personalizado .....	98

<b>Figura 70</b> Tabla de Convergencia del parachoques Kenworth T800 original.....	100
<b>Figura 71</b> Tabla de Convergencia del parachoques Kenworth T800 personalizado ...	100
<b>Figura 72</b> Gráfico de Convergencia de Velocidad Vx de ambos parachoques .....	101
<b>Figura 73</b> Comparación de gráfico de convergencia de Velocidad Vy de ambos parachoques .....	102
<b>Figura 74</b> Comparación de gráfico de convergencia de Presión Estática de ambos parachoques .....	103

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Crecimiento mundial en el consumo de materiales compuestos desde 1985 hasta el año 2000.....	44
<b>Tabla 2</b> Propiedades de los materiales compuestos con base en los diferentes sectores de aplicación.....	46
<b>Tabla 3</b> Comparación entre fibras naturales vegetales y la fibra de vidrio .....	56
<b>Tabla 4</b> Comparación entre diferentes propiedades de las fibras vegetales y fibra de vidrio .....	56
<b>Tabla 5</b> Clasificación de fibras de origen vegetal.....	60
<b>Tabla 6</b> Composición química en porcentaje de algunas fibras vegetales.....	63
<b>Tabla 7</b> Ventajas y desventajas de utilizar fibras naturales como refuerzo en la elaboración de materiales compuestos .....	63
<b>Tabla 8</b> Valores de las paredes de la simulación .....	90
<b>Tabla 9</b> Valores de gastos en materiales de reparación .....	93
<b>Tabla 10</b> Resultados de la velocidad y presión estática del parachoques original .....	96
<b>Tabla 11</b> Resultados de la velocidad y presión estática del parachoques personalizado	98
<b>Tabla 12</b> Comparación de valores de velocidad y presión estática .....	99
<b>Tabla 13</b> Comparativa de la convergencia Vx entre parachoques.....	102
<b>Tabla 14</b> Comparativa de la convergencia Vy entre parachoques.....	103
<b>Tabla 15</b> Comparativa de la convergencia Presión Estática entre parachoques .....	104
<b>Tabla 16</b> Comparación de resultados brindados por Autodesk CFD .....	105
<b>Tabla 17</b> Comparativa de las estadísticas de los materiales que componen a los parachoques .....	105
<b>Tabla 18</b> Comparación de resultados del análisis de tensión de ambos parachoques .	106

## Resumen

Generalmente el parachoques del tractocamión Kenworth T800, es uno de los elementos que llega a presentar costos de mano de obra y materiales en la empresa Brodi S.A., compañía que se dedica al transporte de contenedores de importación y exportación. El parachoques debido a su baja resistencia a la vibración y golpes a los cuales llega a estar constantemente sometido, ya sea por la falta de espacio donde circulan los tractocamiones o por descuido del conductor, he ahí la idea de realizar una simulación la cual permita realizar una comparación entre los materiales del parachoques original y el diseño personalizado, donde se podría reemplazar el material original para evitar gastos de reparación en el futuro. Las medidas originales del parachoques Kenworth T800 fueron obtenidas en el patio Pascuales de Brodi S.A., el cual será proyectado en el programa de Inventor Professional y el otro modelo de parachoques será una variante creada por el autor del proyecto, estos serán sometidos a una simulación aerodinámica y de tensión para determinar la eficiencia y eficacia.

**Palabras clave:** Tractocamión, parachoques, aerodinámica, simulación

## Abstract

Generally, the bumper of the Kenworth T800 tractor is one of the elements that comes to present labor and material costs in the company Brodi S.A., a company that is dedicated to the transport of import and export containers. Bumper due to its low resistance to vibration and shock to which becomes constantly subjected, either by lack of space to circulate trucks or careless driver, here is the idea of a simulation which allows to perform a comparison between the materials of the original bumper and custom design, which could replace the original material to avoid repair costs in the future. The original measures bumper Kenworth T800 were obtained in the Pascuales yard Brodi SA, which will be projected in the program Inventor Professional and the other model bumper is a variant created by the author of the project, they will be subjected to an aerodynamic simulation and voltage to determine the efficiency and effectiveness.

**Keywords:** Tractor, bumper, aerodynamics, simulation

## Capítulo I

### Problema de la Investigación

#### **1.1. Diseño Aerodinámico de Parachoques Delantero a través de simulación virtual para cabezal Kenworth T800**

#### **1.2. Planteamiento del problema**

El grupo Valero&Valero, cuya subdivisión Brodi S.A., empresa la cual se encarga de la logística de transporte terrestre (ver anexo 1), con el movimiento de contenedores o carga suelta a nivel nacional, ya sean de importación o exportación, decidió en el año 2019 comprar aproximadamente veinte tractocamiones de modelo Kenworth T800 (los cuales son de origen estadounidense) ya que es de los más comunes, confiables y eficientes que circulan en el territorio ecuatoriano.

“El tractocamión modelo Kenworth T800 está diseñado para poder realizar trabajos pesados y resistir largas jornadas de trabajo en zonas y condiciones que exigen poder y rendimiento”. (Kenworth, T800, 2013).

La circulación que los Kenworth T800 de la empresa pueden llegar a realizar son complicados debido a que los clientes, como por ejemplo EXPORBANANA, WORLDBANANA, ROYALBANANA, son fincas en donde el terreno para ir a retirar la mercadería es zona estrecha e inseguro, provocando accidentes, o en su mayoría daños en el parachoques frontal, e inclusive muchas veces saliendo del patio donde se encuentran parqueados, también estos llegan a golpearse entre sí o con los chasis y así se van generando gastos en reparación, pintura, masilla, etc, y en el peor de los casos llegando a comprar un parachoques nuevo para tener operativo el tractocamión.

“Según los reportes hasta el mes de julio del año 2020 por parte de la Agencia Nacional de Tránsito, han existido 532 accidentes a nivel nacional tomando solo como

referencia en camiones". (TRÁNSITO, 2020)

Actualmente la empresa desea comenzar con una reducción significativa de costos, tanto en repuestos como en mano de obra, y el más vulnerable a sufrir todos estos daños es el parachoques delantero del Kenworth T800, debido a la baja altura a la que este se encuentra.

El material del que está compuesto el parachoques del Kenworth T800 es una combinación de plástico con fibra de vidrio y resina por eso llegan a romperse con facilidad sobre todo los laterales.

Según el informe realizado por la revista (Motor, s.f.): "Recordemos que suele estar fabricado de distintos elementos siendo el plástico el centro de fabricación, normalmente los fabricantes de automóviles generalmente utilizan variedades de plásticos los más comunes suelen ser policarbonatos, polipropileno, poliamidas, poliésteres, poliuretanos y olefinas termoplásticas o TPO's".

Una vez terminado la pieza o componente del automóvil, se proceden a las pruebas o simulaciones para ver la eficacia que este lleve a poseer, pero en el caso de los tractocamiones la modificación que deben adquirir los parachoques debe ser de más fortaleza para poder aguantar los impactos de las carreteras inseguras o zonas estrechas.

### **1.3. Formulación del problema**

¿La diferente combinación o composición de materiales para el parachoques delantero, el cual será destinado para el tractocamión modelo Kenworth T800, podrá brindar una mayor fortaleza o resistencia al momento de circular por carreteras o vías deterioradas, estrechas o de difícil acceso para evitar que esta sufra daños y deje expuestos otros componentes como los faros delanteros, radiador del motor, entre otros?

### **1.4. Sistematización del problema**

- a. ¿Presentar una nueva propuesta de diseño del parachoques permitirá brindar

resistencia al tractocamión Kenworth T800?

- b. ¿Qué tipo de materiales se van a usar para el parachoques delantero que servirá en la comparativa de la simulación virtual?
- c. ¿Qué tipo de pruebas se realizarán al parachoques para poder medir su resistencia/calidad para así brindar seguridad al pasajero como a los diferentes elementos automotrices?
- d. ¿Los resultados de las pruebas realizadas permitirán implementar los parachoques en los tractocamiones Kenworth T800?

## **1.5. Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Presentar una nueva propuesta de diseño de parachoques delantero para el tractocamión Kenworth T800.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Analizar posibles daños o factores que pueden influir en el diseño de parachoques.
- Realizar pruebas de simulación aerodinámicas, análisis de tensión, y simulación dinámica en el programa Inventor Professional, seleccionado los materiales disponibles.
- Seleccionar el diseño del parachoques delantero, en función de los resultados de las pruebas realizadas.

## **1.6. Justificación e importancia de la investigación**

### **1.6.1. Justificación Teórica**

La fundamentación teórica se basa en los diferentes análisis, observaciones y pruebas que se han realizado a lo largo del tiempo para determinar la resistencia del parachoques delantero ya sea en vehículos livianos o tractocamiones. Según lo visualizado los parachoques delanteros de los tractocamiones Kenworth T800 llegan a

dañarse o fracturarse con mucha facilidad cuando circulan por fincas, o terrenos en mal estado, exponiendo los neblineros y demás componentes que este logra proteger, el estudio se realiza para que este elemento del cabezal llegue a tener mayor resistencia o fortaleza al momento de circular por esas rutas y evitar gastos de reparación.

#### **1.6.2. Justificación Metodológica**

Se creará un diseño de parachoques delantero, para el tractocamión Kenworth T800 con el programa Inventor Professional. El diseño realizado estará compuesto de diferentes materiales, el cual será sometido a análisis de tensión, tolerancia de análisis, y aerodinámica, para poder determinar que composición de materiales le daría fortaleza al parachoques, con el fin de reducir costos y mano de obra al momento de repararlo, debido a los daños que estos llegan a sufrir constantemente en carreteras de mal estado, o en las bananeras de los clientes que la empresa Valero&Valero posee.

#### **1.6.3. Justificación Práctica**

La investigación se realiza debido a los múltiples daños que han sufrido los tractocamiones de la empresa de transporte Brodi S.A. al momento que tenga que circular por las fincas o bananeras, provocando el daño seguido de los parachoques delanteros, dando a exposición componentes eléctricos como los neblineros, dejando la matrícula con total peligro de que se pueda perder, y demás elementos automotrices.

#### **1.6.4. Delimitación Temporal**

El trabajo se desarrollará desde septiembre 2020, hasta febrero 2021, tiempo en donde se podrán realizar las pruebas de simulación necesarias para la creación del nuevo diseño de parachoques.

#### **1.6.5. Delimitación Geográfica**

El trabajo se desarrollará en la ciudad de Guayaquil, en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil y para las

medidas del parachoques delantero en la empresa Brodi SA del grupo Valero&Valero.

### **1.6.6. Delimitación de Contenido**

La siguiente información que se da a conocer en el siguiente documento, se encuentra fundamentada en la investigación y documentación encontrada, ya sea de bibliografías, libros, estudios o artículos científicos en donde se trata y se detalla cada prueba de simulación nombrada anteriormente como la aerodinámica, tolerancia y análisis de tensión, hablando cada una de ellas, además del elemento a realizar como lo es el parachoques delantero. Adicional también se especifica acerca del programa de diseño como lo es Inventor Professional.

## **1.7. Hipótesis**

El diseño y materiales escogidos en la simulación del parachoques delantero para el tractocamión Kenworth T800 permitirán una mayor fortaleza al momento de circular por vías en mal estado impidiendo el daño de este.

### **1.7.1. Variables de hipótesis**

#### ***1.7.1.1. Variables Independientes***

- Diseño de los bumpers delanteros a realizar en el programa de simulación

#### ***1.7.1.2. Variables Dependientes***

- Análisis de tensión
- Análisis de tolerancia
- Pruebas de aerodinámica

## Capítulo II

### Marco de Referencia

#### 2.1. Historia de Kenworth

Según Kenworth (PACCAR, 2019) en su página oficial podemos informarnos que, en 1923 lanza su primer modelo como se puede observar en la figura 1, gracias a la ayuda de los dos principales accionistas de la empresa Gersix, Harry Kent y Edgar Worthington decidieron asociar sus apellidos para poder crear la tan reconocida marca KEN-WORTH, de esta manera lograron que empezara la historia del tractocamión americano, actualmente reconocido como una de las mejores marcas a nivel mundial por su desempeño.

Fue oficialmente registrado por el secretario de estado de Olympia (Washington) como Kenworth Motor Truck Corporation. (MundoCamión, Kenworth: El mito americano 1º Parte, 2015)

**Figura 1**

*Primeros modelos de Kenworth realizados en 1923*



Nota: Kenworth salió para hacer competencia e imponer su marca en todas las áreas de transporte, lanzando sus primeros modelos en el año 1923. Adaptado de About us History: (<https://www.kenworth.com/about-us/history>)

La revista (MundoCamión, Kenworth: El mito americano 1º Parte, 2015) nos ofrece una reseña con respecto a esta marca, y con el pasar de los años ha ido tomando posición como símbolo de la industria de los pesos pesados, elegido por muchos conductores americanos como su favorito debido a lo realmente hermoso que puede llegar a ser, pero a la vez duro. Normalmente llegan a poseer motores de Caterpillar, Detroit, Diesel o Cummings. Ha llegado a ser bautizado inclusive como catedral de cromo por algunos periodistas, fue equipado para llegar a adaptarse a su país natal Estados Unidos, y logró responder en todos los puntos a una utilización precisa, de esta manera se fue ganando su reputación, debido a la eficacia y eficiencia que lograba tener tras cada prueba o desafío que se le fuera impuesto.

En el año 1924 la compañía Kenworth (PACCAR, 2019) vendió aproximadamente un total de 80 tractocamiones. El siguiente año la producción llegó a ser la de dos camiones por semana. En 1927 Harry Kent se volvería presidente de la industria y se encargó de abrir una nueva en la ciudad de Seattle. Años más tarde llegaría la tan conocida “Great Depression” en los 1930 provocando una caída económica en todo el país, afectando varias industrias, mercados y entre otros muchos sectores, pero con la empresa Kenworth se mantendrían agresivos y comenzaron a realizar camiones de bomberos como observan en la figura 2, los cuales cumplían perfectamente con los requerimientos especiales que cada departamento exigía.

## **Figura 2**

*Camión de bombero marca Kenworth*



Nota: El tractocamión de bomberos pasó a ser de los más vendidos pese a la crisis al año 1930.

Adaptado de About us History: (<https://www.kenworth.com/about-us/history>)

En los próximos tres años Kenworth (PACCAR, 2019) pasaría a ser un pionero de la manufacturación estadounidense acerca de los tractocamiones en llegar a instalar motores Diesel como un equipo estándar a más de introducir las cabinas con litera para la comodidad de los conductores.

Después de la muerte de Harry Kent en 1937 llegaría Pearl Harbor posicionándose como jefe de toda esta prestigiosa compañía, llegaron los años 1941 con la segunda guerra mundial, en donde Kenworth tampoco decidió quedarse atrás y comenzaron a realizar los tractocamiones M-1 como se ve en la figura 3 y los MA-1 “wreckers” de la figura 4, los cuales incluirían seis neumáticos y equipamiento especial para el combate, estos camiones consistían en grúas de asistencia y morros de bombas para el gobierno de los EE.UU., respectivamente. (PACCAR, 2019)

### **Figura 3**

*Kenworth modelo M-1*



Nota: Modelo Kenworth tipo grúa del año 1941. Adaptado de About us History: (<https://www.kenworth.com/about-us/history>)

#### **Figura 4**

*Tráiler para el transporte de combustible y lubricantes*



Nota: El tractocamión MA-1 denominado con el término “wreckers”, debido a que fue fabricado para uso de combate, solo transportaba combustibles y lubricantes. Adaptado de la revista MundoCamión: Kenworth: El mito americano 1º Parte, del año 2015

En el año 1944, Kenworth pasaría a ser comprado por la empresa Pacific Car and Foundry, con Paul Pigott de presidente de la empresa ya mencionada. Sin duda esta alianza que llega a tener la empresa Kenworth sería, sin duda, el más fastuoso de toda su historia.

En los años de 1961 hasta los 1965 fueron introducido dos nuevos modelos los cuales fueron el W900 un tractocamión convencional el cual se caracterizaba por proveer una cabina amplia y un panel de instrumentos totalmente rediseñado y el K100 un modelo denominado como cabover con un diseño aplanado, para que de esta manera lograra cumplir con las restricciones de longitud que solicitaba el estado, como se puede apreciar en la figura 5 donde se encuentran los dos modelos juntos. Adicionalmente se daría apertura a una planta que se ubicaría en Kansas. Estos modelos fueron tremadamente populares, por lo cual tuvieron que tener una producción más exigente, al final del año la compañía produjo un total de 2037 tractocamiones, cerrando exitosamente. (PACCAR, 2019)

### **Figura 5**

*Presentación en el año 1960 de los Kenworth modelo convencional y cabover*



Nota: La presentación de estos tractocamiones fueron equipados con dormitorios para mayor comodidad a los conductores. Adaptado de la revista MundoCamión: Kenworth: El mito americano 1° Parte, del año 2015

Después Kenworth llegaría a tener un nuevo reto con respecto a la aerodinámica, debido a la popularidad que esta iba ganando con los vehículos livianos, para así poder presentar varias piezas de plástico, cambiando de manera drástica la fisionomía de la marca, era reconocida por constituirse con materiales sumamente resistentes y pesados como, por ejemplo, el metal, esto llegaría a pasar en el año 1976. (PACCAR, 2019)

Todos estos estudios de aerodinámica comenzaron a suceder en la ciudad de Seattle, con el proceso de diseño de unas cabinas más redondeadas las cuales pudieran presentar un mejor CX, el cual llega a influenciar directamente en el consumo, como se logra observar en la figura 6. (MundoCamión, 2015)

Luego llegó el modelo T600 revolucionando la industria debido a que logró mejorar la aerodinámica un 40%, inclusive llegando a ahorrar un 22% de combustible. (PACCAR, 2019)

## Figura 6

*Pruebas de aerodinámica para mejora del CX*



Nota: Estas pruebas se comenzaron a realizar para la mejora del CX, ya que en esta época comenzarían a implementar elementos de plástico. Adaptado de la revista Mundo Camión: Consumo y aerodinámica el nuevo reto de Kenworth, del año 2015.

Ya de 1990 en adelante Kenworth seguiría pisando fuerte en el área de los tractocamiones, expandiéndose a nivel internacional para poder continuar con el legado, por ejemplo, en 1993 abren las plantas de Washington para unirse a las ya existentes ubicadas en Seattle, Chillicothe, y teniendo plantas fuera de EE.UU., como Canadá y México.

En 1994 llegaría el T300, un modelo más pequeño, pero, con el mismo diseño que un T600, en la figura 7 respectivamente se puede observar los modelos mencionados, dos años después vendría un nuevo modelo denominado T2000, con nuevos estándares de confort, rendimiento y estilo. (PACCAR, 2019)

### **Figura 7**

A la izquierda modelo Kenworth T300, a la derecha modelo Kenworth T600.



Nota: El tractocamión Kenworth T300 es un modelo pequeño y económico, apostando por este, a la derecha un modelo más imponente como el T600. Adaptado de About us History: (<https://www.kenworth.com/about-us/history>)

Con el pasar de los años Kenworth siguió innovando presentando nuevos modelos, queriendo realizar modelos más aerodinámicos y espaciosos para que tengan impacto a nivel comercial, pero seguir manteniendo su prestigio como empresa. Como aniversario número 90ta llegan a presentar el nuevo T880, de la figura 8, con mayor tecnología. En el 2014 celebraron de manera histórica un millón de tractocamiones producidos. (PACCAR, 2019)

### **Figura 8**

*Kenworth T880*



Nota: Este modelo llega para conmemorar el aniversario 90ta, con mayores innovaciones.

Adaptado de About us History: (<https://www.kenworth.com/about-us/history>)

En 2016, PACCAR produce el motor MX-13, recordando que esta línea de motores es patentada por Kenworth, adicional también lanzan el motor MX-11, como se logra observar en la figura 9, ofreciendo 430 caballos de poder y 1650 lb/ft de torque, siendo más ligero y ahorro de combustible que otros motores. (PACCAR, 2019)

#### **Figura 9**

*Motores PACCAR MX-11 y MX-13*



Nota: Estos motores desarrollados por la empresa PACCAR son usados por Kenworth debido a la asociación que poseen desde 1945. Adaptado de About us History: (<https://www.kenworth.com/about-us/history>)

#### **2.1.1. Kenworth T800**

El manual que nos ofrece (Kenworth) Uno de los modelos más comercializados que ellos poseen, es el tractocamión T800 uno de los últimos “caballos de batalla

definitivo” para la entrega de carga de costa a costa, como en el ahorro de combustible que pueden otorgar, ya sea por zona urbana o rural. Con una tecnología sumamente avanzada. (Kenworth, T800, 2013)

El modelo combina una gran eficiencia con durabilidad dentro/ fuera de la carretera. El T800 presenta también varios modelos, los cuales simplemente varían en el tamaño de la cabina, puede ser individual o doble, y uno que directamente no posee, en la figura 10 nos permite observar los amplios modelos y funciones que pueden realizar.

**Figura 10**

*Diferentes modelos de T800*



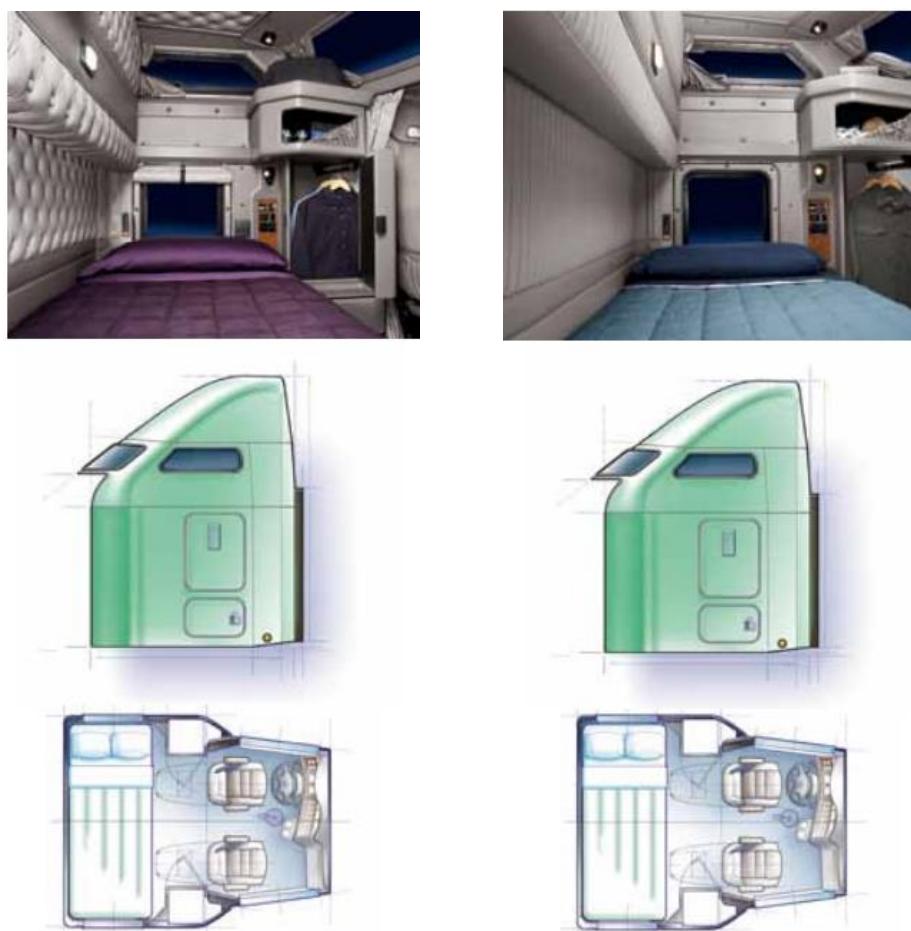
Notas: Estos son los diferentes modelos que lanzó al mercado con respecto al T800, el cual posee diferentes usos. Adaptado de About us History: (<https://www.kenworth.com/about-us/history>)

El modelo que puede ofrecer el Kenworth T800, con una cabina o doble cabina es sencillamente espectacular por todas las ventajas que puede brindar, logrando de esta manera dar comodidad al conductor para los viajes de larga distancia, cada modelo varía económicamente debido a lo que te puede llegar a ofrecer. Estos modelos son denominados como: Diamond VIT, el cual ofrece mucho espacio para la cabeza y luz mediante los paneles. Las opciones que incluye son: un sofá con cama plegable, ventanas

panorámicas y entre muchas otras comodidades y detalles que otros tractocamiones no llegan a poseer. El otro modelo de nombre Splendor, posee un armario de ropa, más capacidad para poder guardar sus cosas y otras comodidades para el conductor, además de ser más amplio que el Diamond. (Kenworth, T800, 2013), en la figura 11 se logra apreciar las diferencias de cabina entre los dos modelos y su estructura.

**Figura 11**

*A la izquierda el modelo Diamond VIT, a la derecha modelo Splendor*



Nota: La diferencia entre estos dos modelos es la amplitud de la cámara y las comodidades que cada uno puede ofrecer. Adaptado de KENWORTH: THE WORLD'S BEST.

Por esto y otros motivos la empresa Brodi SA. decidió realizar la compra de exactamente 25 tractocamiones modelo Kenworth T800 para poder realizar las

operaciones de transporte, principalmente por la fama y por la calidad de tractocamión.

## 2.2. Historia del parachoques delantero

Aproximadamente a finales de los años 20 y años 30 se comienza a ver automóviles con una barra protectora tanto en su frontal como en la parte posterior para poder tener la protección ante las colisiones ya sea ante otros automóviles o elementos urbanos para evitar que se dañen elementos más importantes de este. Estos elementos estaban construidos con una o dos barras de acero perpendiculares al frontal o parte posterior del automóvil. Los parachoques estaban unidos en algunos casos a los largueros, y, en otros casos, a la carrocería del mismo, como se aprecia en la figura 12 (Castro, 2014)

**Figura 12**

*Parachoques construidos por barras de acero*



Nota: Al inicio la protección tanto delantera como posterior de los automóviles era una barra de acero muy fina. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

### 2.2.1. Evolución de 1930 a 1960

A través de los años el parachoques comenzó a ser más importante en los automóviles y sobre todo porque estos comenzaban a volverse más elegantes y enfocarse en lo estético, y pasaron a adaptarse al diseño que poseía el automóvil ya sea de manera

más ancha, robusta o de forma más compleja. Todo esto a finales de los años 40, tal como se observar en la figura 13 (Castro, 2014).

### **Figura 13**

*Parachoques de los años 40 de vehículos europeos*



Nota: Se comenzó a incluir este elemento de manera más estética y con más fortaleza para poder soportar golpes pequeños. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

Ya en la década de los años 50, comenzaron a integrarse con la carrocería para que el automóvil sea completo, más no sea un anexo, querían evitar que se viera atornillado o por fuera de la estructura. Los parachoques iban evolucionando de distinta manera entre los americanos siendo estos más grandes, para poder cubrir una amplia zona de protección y ser más estéticos, adicional poseían unos salientes tanto en la parte delantera como posterior, esto para minimizar los golpes que se pudieran occasionar cuando vayan a baja velocidad como logramos observar en la figura 14, y en los europeos este resultaba ser más pequeño que en los automóviles americanos dejando más visible el frontal de estos, sin realizar muchas innovaciones, como podremos observar en la figura 15. (Castro, 2014)

**Figura 14**

*Parachoques de vehículos americanos en los años 50*



Nota: Ya en esta época los modelos americanos, el parachoques comenzaba a incluirse en la autonomía de este. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

**Figura 15**

*Parachoques de vehículos europeos en los años 50*



Nota: En el modelo europeo seguían optando por tener un frontal elegante, sin darle mucha importancia al parachoques, siguiendo una barra de metal. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

Después llegaría el reglamento europeo y la exigencia de cierta calidad en la construcción de estos parachoques, llegando a cambiar notablemente. Pero América fue muy diferente a Europa, no llegaron a regular este elemento sino hasta el año 1971.

## 2.2.2. Evolución de 1961 a 1979

Llegando a los años 60, en la figura 16 se ve que el parachoques se incluiría en la carrocería haciendo que tanto la parte delantera como la posterior quedaran unificados con la misma. Seguirían siendo de metal, pero ahora más delgados y más resistentes debido a las diferentes composiciones y pliegues que presentaron en la construcción. (Castro, 2014)

**Figura 16**

*Parachoques americano de los años 60*



Nota: Ya aquí se puede observar cómo cubrían en mayoría la parte delantera del automóvil, brindando una mayor seguridad a los pasajeros. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

En la figura 17 podemos lograr apreciar que, para los modelos deportivos, los parachoques llegan a reducirse de gran manera, pero teniendo la misma resistencia. Estos modelos eran importantes sobre todo en la parte estética, inclusive llegando a eliminar el parachoques y reforzando simplemente la carrocería, para poder mantener la elegancia y diseño del vehículo.

**Figura 17**

*Parachoques de los años 60 en modelos deportivos*



Nota: Vista delantera y posterior del parachoques en modelos deportivos, brindando elegancia y solo cubriendo la parte inferior, ya que los diseñadores no querían cubrir la parrilla, ni afecta en la estética de las luces en la parte posterior. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

En Europa por otro lado, los parachoques seguían en la parte externa de la

carrocería y situados en la parte inferior, mostrando un gran frontal.

Ya en los años 70 los automóviles, mantendrían como prioridad sus estándares estéticos, pero durante la presente entraría a vigor en Estados Unidos, el estándar de parachoques “Federal Motor Vehicle Safety Standard 215” (FMVSS). Con este estándar los vehículos deberían al menos tener que soportar impactos a una baja velocidad, y más que todo evitar que resulten con daños los faros, y los sistemas de combustible. En la figura 18 se aprecia como debería estar constituido el parachoques bajo según los estándares de la FMVSS (Castro, 2014)

**Figura 18**

*Parachoques americano basado en el estándar FMVSS*



Nota: La FMVSS es una entidad estadounidense que se encarga de establecer las normas de seguridad en los automóviles, los parachoques seguían siendo de metal para estas épocas.

Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES:  
[\(http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/\)](http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/)

Por la parte europea los automóviles comenzaron a tener partes plásticas o combinándolos como elementos de absorción de impactos, en conjunto con los parachoques de metal o llegaban incluso a ser simplemente totalmente de plástico, como podemos apreciar en la figura 19 . (Castro, 2014)

**Figura 19**

*Parachoques europeo en los años 70*



Nota: En Europa comenzaron a usar elementos de plásticos en los parachoques como nueva idea para poder ayudar con la aerodinámica. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

### 2.2.3. Evolución de 1980 a 1999

A partir de aquí, los años 80 en adelante, el parachoques realizado con plástico se fue consolidando y abarcando un gran espacio en la parte frontal del automóvil como en la parte posterior, como se ve en la figura 20. Estos parachoques realizados con plástico contaban en su parte interior con una espuma que era capaz de absorber todo impacto que pudiera tener para evitar mayor daño en la carrocería, estos llegaban a ser atornillados a la carrocería debido a su peso. (Castro, 2014)

**Figura 20**

*Parachoques americano en los 80*



Nota: Para esta época en USA comenzaron a usar plástico. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

Con el pasar de los años, los materiales para construir un parachoques de plástico fueron mejorando, llegando a lograr que consiguieran una mayor absorción de energía y un peso muy ligero, a esto decidieron colocar enganches internos, y no atornillándolos, como ejemplo en la figura 21 un Mercedes Benz.

**Figura 21**

*Parachoques europeos en los años 90*



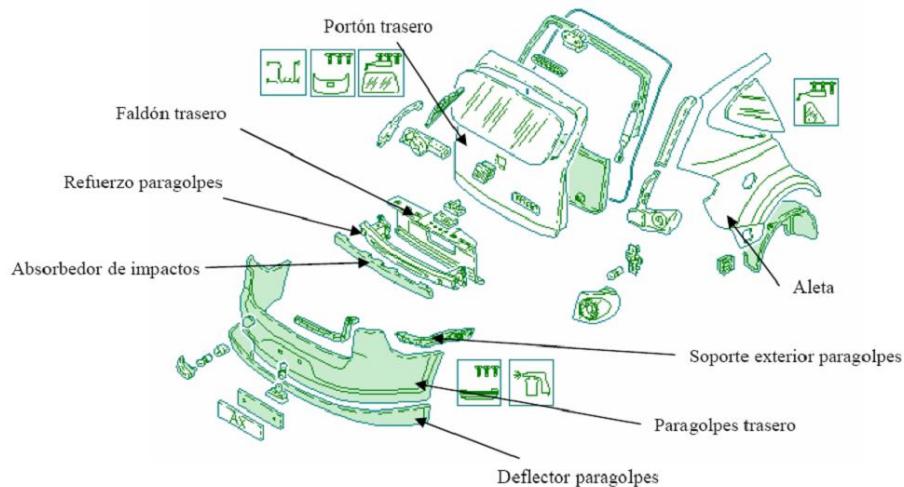
Nota: Nuevos modelos de parachoques de un Mercedes Benz W202. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

#### 2.2.4. Parachoques delanteros hoy en día

Como podremos apreciar en la figura 22 y en la figura 23, hoy en día los parachoques son simplemente una pieza estética que de absorción de impactos. Con el simple objetivo de brindar una imagen determinada al vehículo: deportiva, familiar, offroad... además de alojar en él los faros anti neblineros, rejillas de aire, sensores de aparcamiento, entre otros elementos. Es simplemente una pieza para recubrir los auténticos elementos de absorción, ya que por detrás del paragolpes de plástico se encuentran los absorbentes de impactos, traviesa, faldón. (Castro, 2014)

**Figura 22**

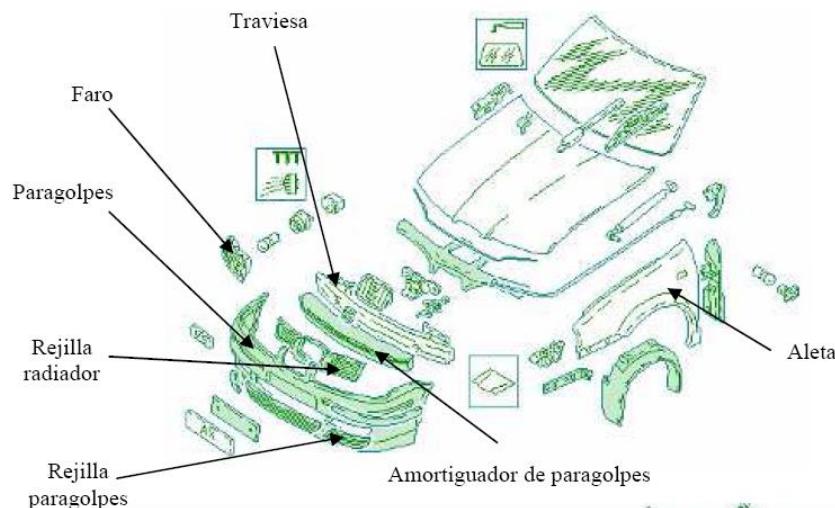
*Elementos que constituyen la parte posterior del automóvil*



Nota: Actualmente el parachoques funciona como un elemento estético en el automóvil, debido a que existen otros elementos que protegen en gran magnitud el chasis. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

**Figura 23**

*Elementos que constituyen la parte delantera del automóvil*



Nota: Vista general del parachoques delantero de un automóvil. Adaptado de INPENOR: de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: (<http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>)

### 2.3. Los materiales compuestos

Cabe destacar que cada material tiene la posibilidad de volverse “nuevo”, al momento de adoptarse técnicas y procesos de fabricación nueva o avanzada, esto ha permitido grandes avances en la en diferentes sectores industriales. Los que se especializaron en el uso de estos materiales son la automotriz especialmente en las autopartes, industria aeroespacial y aeronáutica, industria petrolera, industria química, entre otros, como se observa en la figura 24. (Guerrero, 2011)

**Figura 24**

*Campo de aplicación de los nuevos materiales*



Nota: Fábricas de manufacturación de aviones y automóviles. Adaptado de Comparación del sector aeroespacial con el sector automotriz . Best Choice. E-Best, Bogotá. (SAS)

La característica más importante de estos nuevos materiales es lo intrínsecamente ligados a la tecnología por su fabricación y producción, es decir, no es solamente una composición química definida, las propiedades dependerán de la tecnología en su procesamiento y que se llegan a controlar al momento de la fabricación. (Guerrero, 2011)

Estos nuevos materiales pueden tener dos tipos de aplicaciones: los materiales estructurales los cuales forman parte de sistemas complejos, y cada componente debe cumplir una función específica ya sea de mejorar y optimizar funciones y propiedades de

productos ya existentes en el mercado, definiendo de esta manera su diseño. Los materiales funcionales estarán siempre presentes en el desarrollo de nuevas aplicaciones y menciones, además tienen el objetivo de satisfacer una función o propiedad en particular, ya sea algo electrónico, magnético, nuclear, etc. (Guerrero, 2011)

### **2.3.1. Importancia de los materiales compuestos**

Este concepto de material compuesto nace a partir de la combinación de varios materiales de carácter monofásicos y naturalezas diferentes. Se podría decir que estos materiales compuestos son multifásicos adoptando propiedades de fases constituyentes, presentando mejores propiedades y características. (Guerrero, 2011)

Según la investigación por (Guerrero, 2011): “A lo largo de estos últimos 40 años, los composites, plásticos y cerámicos han sido los materiales dominantes en el mercado. Dentro de estos materiales, los composites son los que han crecido continuamente, aumentando su nivel de producción y utilización, llegando a abrirse campo en nuevos mercados. La razón por la que estos nuevos materiales están ganando más terreno en los mercados globales, es por su resistencia y lo ligero que son a comparación de otros materiales, principalmente los metales.

Por eso varias industrias se han capitalizado sobre la base de la comercialización de los composites o también conocida como resina, estos materiales tienen el potencial para reemplazar al acero y el aluminio, inclusive llegando a tener un mejor rendimiento. Hoy en día muchas de las tecnologías modernas necesitan materiales de alta gama, por lo cual no pueden usar los materiales monolíticos como los metales, cerámicos o polímeros. (Guerrero, 2011)

Un ejemplo que se puede brindar es con la industria automotriz, la cual emplea grandes cantidades de compuestos, generalizándose principalmente con matrices poliméricas reforzadas con fibras. Suelen ser usados en aplicaciones de interiores y

exteriores de vehículos. Asimismo, se utilizan materiales compuestos de matriz metálica en diferentes elementos mecánicos, logrando de esta manera optimizar muchas de las funciones de los automotores. La industria automotriz se encarga solamente de ilustrar solamente una porción de las aplicaciones que se puede realizar con los materiales compuestos. En la tabla 1 y figura 25 se puede observar el crecimiento de estos materiales desde el año 1985 hasta el 2000. (Guerrero, 2011)

**Tabla 1**

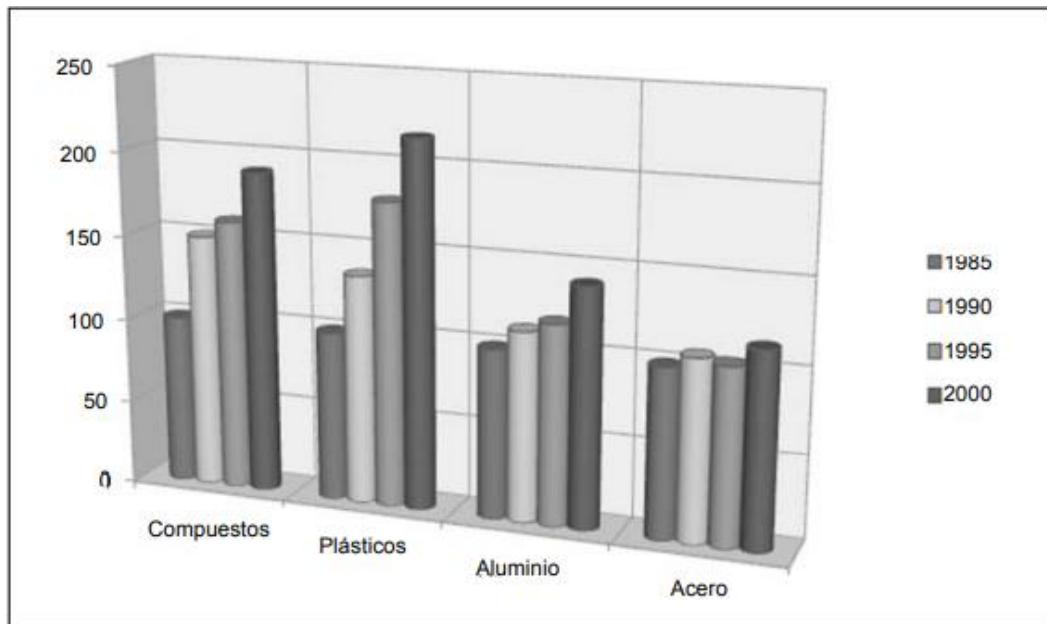
*Crecimiento mundial en el consumo de materiales compuestos desde 1985 hasta el año 2000*

Año	Compuestos	Plásticos	Aluminio	Acero
1985	100	100	100	100
1990	150	135	112	107
1995	160	179	118	104
2000	190	216	141	115

Nota: Al paso de los años el incremento de los materiales compuestos y el plástico supera al acero y al aluminio. Adaptado de Advances in Nanoengineering: Electronics, Materials and Assembly

**Figura 25**

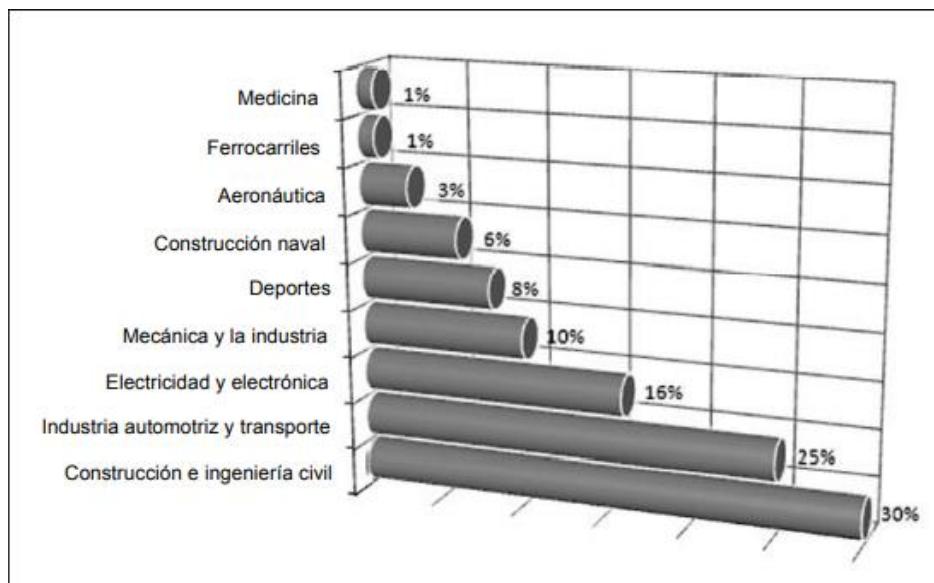
*Evolución en el consumo mundial de algunos materiales*



El uso de estos materiales compuestos ha ido incrementando progresivamente, hablando de los polímeros han ocupado un sitio importante, ya sea los termoplásticos como termoestables usados frecuentemente como refuerzos en forma de fibras. Como se observa en la figura 26, según la investigación realizada por (Ajayan, Schadler, & Braun): “El crecimiento anual en la utilización de compuestos de matriz termoplástica es del 9% mientras que el de los de matriz termoestable llegan a ser solo del 3%. De manera general, el mercado estadounidense representa el 47% de la fabricación de materiales compuestos. En Europa es del 28%, Asia 23% y por último América del Sur con solo 2%”.

**Figura 26**

*Nueve de los sectores de aplicación más comunes de los materiales compuestos*



En la tabla 2 se puede observar los requerimientos de cada sector, además, se debe tener en consideración que las propiedades que podamos llegar a obtener con un material compuesto son variadas. De esta forma se puede combinar propiedades como elevada resistencia mecánica, bajo peso, rigidez e incluso alta resistencia a la temperatura. La importancia de los materiales compuestos también se fundamenta en la multiplicidad de materiales que se pueden generar, permitiendo que la selección de materiales sea optimizada. En cambio, cuando hablamos de materiales compuestos multifuncionales o

inteligentes, la matriz se combina con un material que le brinda las propiedades multifuncionales al material.

**Tabla 2**

*Propiedades de los materiales compuestos con base en los diferentes sectores de aplicación*

	Aeronáutica	Automotriz	Ferrocarriles	Construcción	Industria	I. naval	Medicina	Electricidad y electrónica	Deportes
Vida útil									
Rigidez				x		x	x	x	x
Resistencia mecánica				x	x	x	x		x
Resistencia a la fatiga	x					x			
Resistencia a la corrosión	x	x		x		x	x	x	
Impermeabilidad				x	x				
Seguridad									
Resistencia a los choques		x				x	x		x
Resistencia al fuego	x		x	x	x			x	
Aislamiento térmico				x	x			x	
Aislamiento eléctrico								x	
Amortiguamiento, vibraciones					x				x
Diseño									
Integración de funciones	x	x						x	
Formas complejas	x	x	x	x					x
Transparencia ondas electromagnéticas								x	
Disminución del peso de las estructuras	x	x							x

Las fibras naturales toman hoy en día una gran importancia, posee una baja densidad, alta rigidez, y una capacidad de biodegradarse, no cabe mencionar las ventajas que llegan a presentar ante el medio ambiente, constituyéndose como un recurso natural y renovable. Este tipo de materiales parece ser hoy en día el elegido por muchas empresas o industrias al momento de crear partes. (Darwin & David, 2016)

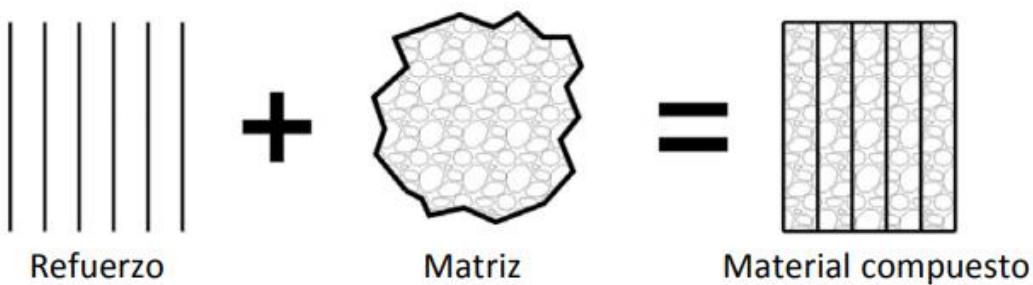
### 2.3.2. Componentes de los materiales compuestos

La composición básicamente es la formación de dos o más fases distintas, cuya combinación proporciona propiedades que son diferentes y mejores a las de sus

constituyentes, como se observa en la figura 27. De manera general un material compuesto se lo considera como material multifásico, reflejando la importancia de cada una de las fases constituyentes, es decir, la combinación de propiedades debe ser adecuada, para que el resultado obtenido sea un material con propiedades mejoradas de una manera significativa. (Guerrero, 2011)

**Figura 27**

*Configuración básica de un material compuesto*



Nota: Los componentes de un material compuesto se denominan matriz y refuerzo, mientras que la superficie de conexión entre estos es la interfaz. Adaptado de Nuevos Materiales Estructurales e Industriales.

Estos materiales pueden ser diseñados para exhibir varias propiedades específicas requeridas, estas se obtienen mediante la selección de sus componentes, proporciones, distribución, morfología, grado de cristalinidad, textura cristalográfica, así como por su estructura y composición de interfaz. Estos materiales compuestos se pueden diseñar para que satisfagan necesidades de tecnologías relacionadas con industria aeroespacial, automotriz, electrónica, construcción, biomédica, entre otras.

### 2.3.2.1. Matrices

La matriz desempeña varias funciones. Fundamentalmente una fase continua, la cual engloba y sostiene los elementos de refuerzo, otorgando consistencia y continuidad al material. Las funciones básicas que debe brindar son:

- Aglutinar los refuerzos

- Transferir las cargas aplicadas sobre la matriz hacia los refuerzos.
- Proteger la superficie de los refuerzos de la abrasión mecánica.
- Proveer al refuerzo de una barrera contra los efectos del medio ambiente tales como la humedad.
- En caso de estar reforzada con fibras, la matriz debe proveer soporte lateral contra la posibilidad de pandeo de las mismas bajo cargas de compresión.

El material que sea usado como matriz llega a influir en propiedades físicas, químicas, eléctricas y mecánicas del compuesto. (Guerrero, 2011)

#### **2.3.2.1.1. *Tipos de Matriz***

De manera general, del tipo de matriz que se vaya a utilizar, dependerá el control principal de las propiedades eléctricas, el comportamiento químico y uso de temperaturas elevadas del material compuesto. Existen tres tipos de matriz:

- **Matrices Metálicas:** Las más comunes son el aluminio, magnesio, cobre, níquel y aleaciones de compuestos intermetálicos. Comúnmente son reforzados con fibras de cerámicas y metálicas. Se lo utiliza generalmente en industrias aeroespaciales y automotrices, ya que este tipo de matrices permite que el compuesto llegue a trabajar a altas temperaturas. Según la investigación realizada por (Guerrero, 2011): “En cuanto a la producción suele resultar costosa debido a la complejidad de los procesos y la tecnología de los equipos necesarios. Estas matrices pueden contener entre 20 y 50% de volumen de refuerzo y por lo general solo se usa cuando se necesita trabajar con aplicaciones que lleguen a requerir dureza, rigidez, resistencia a altas temperaturas, alta resistencia mecánica y módulo específico alto.”

Los materiales compuestos de matriz metálica, son la razón más atractiva para varias aplicaciones de ingeniería. Por lo general los materiales de refuerzo son carburo de

silicio, óxido de aluminio, carburo de boro, grafito, etc..., estos refuerzos se los puede encontrar en forma de partículas, whiskers o fibras. La diferencia más importante entre los materiales reforzados con fibras, con partículas y convencionales es la direccionalidad de las propiedades. Los compuestos reforzados con partículas y convencionales son isotrópicos, mientras que los materiales reforzados con fibras generalmente son anisotrópicos. (Guerrero, 2011)

Según (Ajayan, Schadler, & Braun) los refuerzos utilizados con matrices metálicas deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- ❖ Baja densidad
- ❖ Compatibilidad mecánica (un coeficiente de expansión térmica bajo, pero que se adapte a las características de la matriz).
- ❖ Compatibilidad química.
- ❖ Estabilidad térmica.
- ❖ Alto módulo de elasticidad.
- ❖ Alta resistencia a la tracción y a la compresión.
- ❖ Buena capacidad de procesamiento.
- ❖ Eficiencia económica.

- **Matrices Cerámicas:** Tienen buenas propiedades a temperaturas elevadas

y llegan a ser menos densas en comparación con los compuestos de matriz metálicas, con este tipo de matrices es común que también se usen fibras cerámicas como refuerzos. A comparación de los materiales cerámicos convencionales caracterizados por ser frágiles, estas lograron tener mejor resistencia y tenacidad (tracción y flexión) ante la fractura.

(Guerrero, 2011)

Estos materiales están recibiendo una gran atención por la característica de ser resistentes a la oxidación, no obstante, también pueden presentar una alta resistencia al

deterioro por temperaturas elevadas, por este motivo se usan en algunos componentes de los automóviles y motores de turbinas a gas de aeronaves.

- **Matrices Poliméricas:** Pueden llegar a ser usadas en diversas aplicaciones y en gran cantidad por su baja densidad, su adaptación a temperaturas, una facilidad de conformado y costos bajos a comparación de los otros elementos. Llegan a ser reforzadas con fibras naturales o sintéticas. Por lo general se clasifican en tres tipos: termoplásticas, termoestables y elastoméricas. Las matrices termoplásticas cuando son calentadas pasan a un estado líquido, esta cualidad permite que sea un material de reciclaje. Algunos ejemplos de este material son el polietileno (PE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), y polietileno-tereftalato. Y los polímeros de origen natural pueden ser el ácido poli láctico (PLA) o el polihidroxibutirato (PHB), presentando características similares al PE o PP. (Guerrero, 2011)

Las matrices termoestables llegan a tener múltiples enlaces formando una red tridimensional. No llegan a ser fáciles de reprocesar una vez que las reacciones de entrecruzamiento hayan tenido lugar, lo que hace difícil su reciclaje. Estos a comparación de los termoplásticos no se funden, sino que llegan a degradarse, por ejemplo, la resina poliéster, epoxi y fenólicos. (Guerrero, 2011)

Las matrices elastoméricas, la zona elástica es amplia, inclusive pueden llegar a estirarse cinco o seis veces a su longitud original, sin embargo, tienen menos enlaces de reticulación entre cadenas que los termoestables. Un material principal que pertenece a estas matrices es el caucho natural. (Guerrero, 2011)

### **2.3.2.2. Refuerzos**

El papel principal del refuerzo es mejorar las características de la matriz, este es el elemento que se encargar de soportar las cargas y puede llegar a aportar propiedades al material compuesto, por ejemplo, características de conductividad eléctrica o aislamiento,

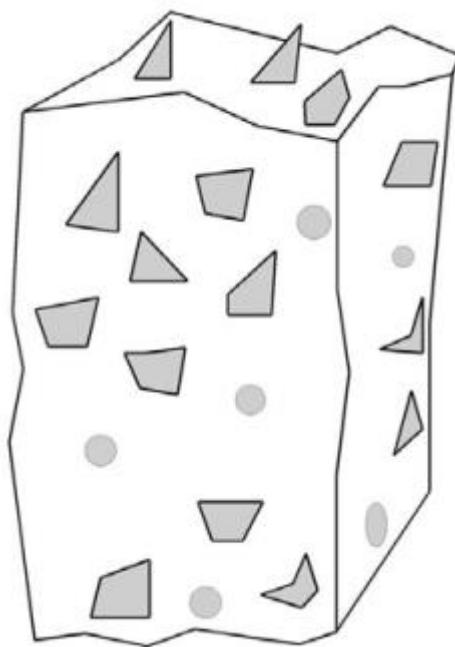
estabilidad térmica, etc.... Estos refuerzos pueden ser partículas, fibras o elementos estructurales. (Bastioli, 2005)

#### 2.3.2.2.1. *Tipos de Refuerzos*

- **Partículas:** Pueden llegar a ser de tamaño grande o consolidadas por dispersión. Los materiales que se llegan a reforzar con partículas grandes, las interacciones de la partícula con la matriz no pueden ser tratadas a nivel atómico o nivel molecular. Estas partículas de refuerzo tienden a restringir su movimiento de la matriz, sin embargo, es necesario indicar que las partículas no brindan un refuerzo eficiente desde el punto de vista de propiedades mecánicas. Los compuestos que son reforzados con partículas grandes se usan generalmente en las matrices metálicas, poliméricas y cerámicas. En el caso de materiales compuestos con partículas consolidadas por dispersión, llegan a impedir el movimiento de dislocaciones, como es el caso de las matrices metálicas, de referencia la figura 28. (Guerrero, 2011)

**Figura 28**

*Matriz reforzada con material particulado*



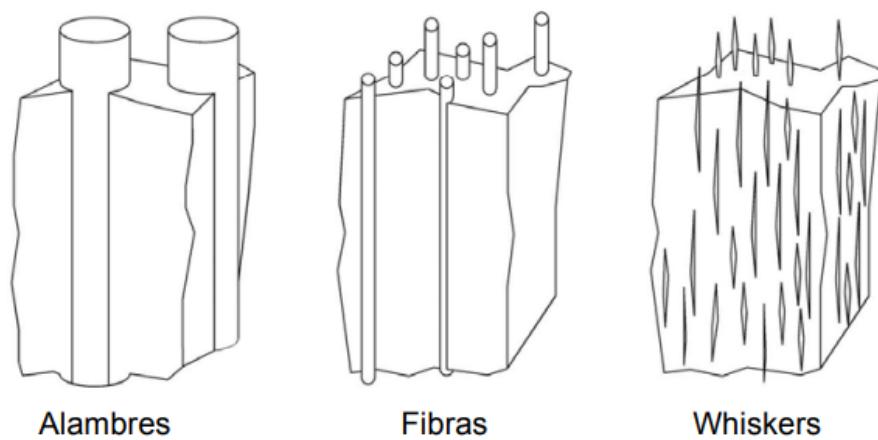
Nota: En esta figura se puede presenciar las interacciones partícula – matriz que ocurren a nivel molecular. Adaptado de Nuevos Materiales Estructurales e Industriales

- **Fibras:** Estas fibras pueden ser agrupadas en tres grupos diferentes como son: whiskers, fibras y alambres. Los whiskers se caracterizan por ser monocróstales delgados y poseen una relación longitud/ diámetro, por su tamaño diminuto adquiere un alto grado de perfección cristalina y virtualmente son libres de defectos, explicando sus altas resistencia, pero llegan a ser extremadamente costosos. Las fibras son materiales policristalinos o amorfos, son de diámetro pequeño y de gran longitud, los materiales más comunes son los polímeros o cerámicos, además también llegan a usarse fibras naturales como abacá, cabuya y coco. Las fibras pueden llegar a ofrecer muchas ventajas, como resaltar la tremenda reducción del costo de manufactura y su menor impacto ambiental. (Guerrero, 2011)

- **Alambres:** Sus diámetros son relativamente grandes, normalmente llegan a incluir acero, molibdeno y tungsteno, su uso es especialmente en los neumáticos de los automóviles por su refuerzo radial. En la figura 29 se puede observar los tres tipos de refuerzos (Guerrero, 2011)

### **Figura 29**

*Refuerzos de alambres, fibras y whiskers*



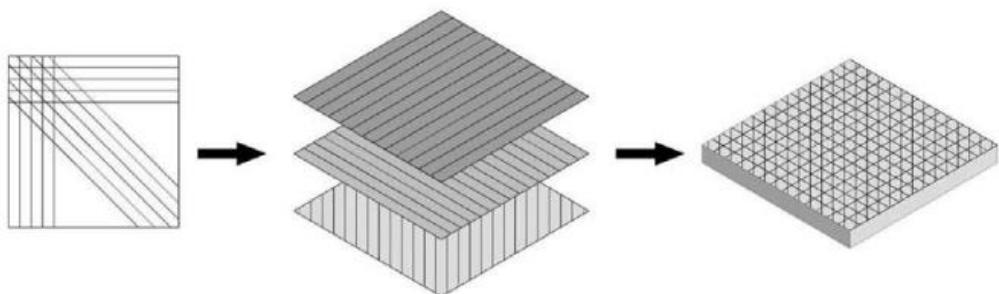
Nota: En la figura se muestran los refuerzos que poseen los alambres, fibras y whiskers. Adaptado de Nuevos Materiales Estructurales e Industriales.

### 2.3.2.3. Elementos estructurales

Estas propiedades no solo van a depender de las propiedades de los materiales que los formen, son estrictamente dependientes de la geometría de los elementos estructurales más comunes. El compuesto laminar se forma por medio de láminas con una dirección preferencial de alta resistencia, tal como sucede en la madera y en compuestos poliméricos reforzados con fibras alineadas. Estas capas se comienzan a apilar para después ser consolidadas, para que la orientación de estas fibras variando de una lámina a otra. Presentando una alta resistencia en las dos dimensiones. En la figura 30 se observa la estructura de un compuesto laminado. (Guerrero, 2011)

**Figura 30**

*Estructura de un material compuesto laminado*

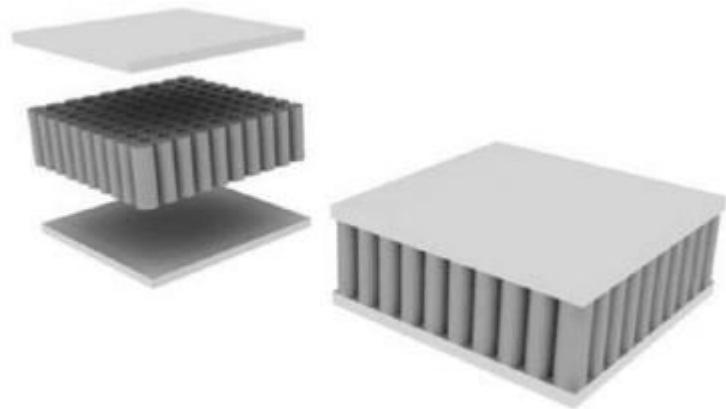


Nota: Se puede observar cómo se va estructurando el material laminado para poder tener una mayor resistencia. Adaptado de Nuevos Materiales Estructurales e Industriales.

Existen materiales compuestos tipo sándwich con capas delgadas de material de recubrimiento las cuales se unen a un material ligero de relleno , como espuma de polímero. El relleno y el material de recubrimiento no son rígidos ni resistentes, pero el compuesto posee ambas propiedades, en la figura 31 se aprecia una estructura modelo sándwich (Mallick, 2005)

**Figura 31**

*Estructura de un material tipo sándwich*



Nota: El ejemplo común es el de un cartón corrugado, unido por ambos lados a papel plano y grueso. Otro sería el de un panel celular de baja densidad, cuando ambos lados se llegan a unir el material se vuelve muy rígido, fuerte y excepcionalmente ligero. Adaptado de Nuevos Materiales Estructurales e Industriales.

### **2.3.3. Materiales compuestos en la industria automotriz**

Los materiales a lo largo de la historia de la industria automotriz han sido la columna vertebral de esta industria, la cual ha sido afectada por la legislación de  $CO_2$ , han llegado a realizar múltiples cambios obligados, tanto que, debido a estas sanciones por exceso de emisiones de los vehículos, los fabricantes han propuesto nuevas variables de diseño para asegurar que el peso del vehículo se reduzca, sin llegar a comprometer la seguridad y el desempeño. Debido a los estudios de los materiales, llegaron a determinar que el aluminio, acero avanzado de alta resistencia (AHSS), y algunos plásticos como el polipropileno (PP), poliamida (PA) y poliuretano (PU), se han convertido en principales opciones para que el diseño sea ligero. (Touzet, 2012)

Los metales, por su resistencia, reciclabilidad y buena relación costo-desempeño, ha sido la opción más preferida para componentes estructurales.

El uso de materiales compuestos en la industria automotriz ha ido aumentando. Esto comenzó a darse en autos de alta gama donde es primordial que la reducción del peso sin que este pierda sus características o propiedades mecánicas. En este campo logró introducirse los materiales compuestos de fibra de carbono. (Escobar, 2015)

#### **2.3.4. Los nuevos materiales compuestos**

Los materiales compuestos suelen estar formados por dos o más fases distintas esto permite que sus propiedades sean diferentes y mejores que el resto de materiales que se llega a usar normalmente. (Guerrero, 2011)

Para que estos sean considerados como compuestos deben cumplir con las siguientes características:

- Constar de 2 o más materiales químicamente distintos y separables mecánicamente.
- Estar fabricado ya con los materiales constituyentes, para que la dispersión de los materiales sea controlada y alcance las propiedades óptimas.
- Las propiedades del compuesto deben ser superiores a los componentes individuales, y llegar a ser únicas en algún aspecto específico.

Actualmente, el desarrollo de estos materiales se basa en la necesidad de obtener materiales con mejores propiedades, como la resistencia mecánica, donde enlaza la densidad con la resistencia, o que combinen resistencia y tenacidad. (Guerrero, 2011)

La industria carrocería ecuatoriana elabora materiales compuestos en una gran cantidad. Se llegan a utilizar compuestos por fibra de vidrio y poliéster, por eso desean realizar la corporación de fibras naturales para llegar a sustituir en algunas aplicaciones a la fibra de vidrio. (Guerrero, 2011)

Recordando que las fibras artificiales son muy utilizadas en la industria por las

excelentes propiedades y facilidad que presenta su fabricación, y empezaron a ser sustituidas por fibras vegetales, por su exhibición de múltiples ventajas sobre las sintéticas tradicionales, como se observa en la tabla 3 y en la tabla 4. (Páez, 2007)

**Tabla 3**

*Comparación entre fibras naturales vegetales y la fibra de vidrio*

Cualidades	Fibras naturales "FN"	Fibra de vidrio
<b>Densidad</b>	Baja	Doble que las FN
<b>Costo</b>	Bajo	Bajo, mayor a las FN
<b>Renovable</b>	Si	No
<b>Reciclable</b>	Si	No
<b>Consumo de energía</b>	Bajo	Alto
<b>Abrasión a máquinas</b>	No	Si
<b>Riesgo a la inhalación</b>	No	Si
<b>Eliminación</b>	Biodegradable	No biodegradable

Nota: Se puede observar cómo las fibras naturales pueden llegar a superar en la mayoría de los aspectos a las sintéticas, por lo cual el mercado tiende a preferirlas. Adaptado de Obtención de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión.

**Tabla 4**

*Comparación entre diferentes propiedades de las fibras vegetales y fibra de vidrio*

Fibras	Densidad (g/cm³)	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación Fractura (%)	Absorción de Humedad (%)
Vidrio – S	2,5	2000 - 3500	70	2,5	---
Vidrio – E	2,5	4570	86	2,8	---
Aramida	1,4	3000 - 3150	63 - 67	3,3 – 3,7	---
Carbón	1,4	4000	230 - 240	1,4 – 1,8	---
Cáñamo	1,4	690	35	1,6	8
Yute	1,3	393 - 773	26,5	1,5 – 1,8	12
Ramio	1,5	400 - 938	61,4 - 128	3,6 – 3,8	12 – 17
Coco	1,2	175 - 220	4 – 6	15 – 30	10
Sisal	1,5	511 - 635	9,4 – 22,0	2,0 – 2,5	11
Abacá	1,3	400 - 1289	45	2,7	8 – 10
Lino	1,5	345 - 1035	27,6	2,7 – 3,2	7
Algodón	1,5	393 - 773	26,5	7 – 8	8 – 25

Nota: Se puede observar la comparación de las propiedades mecánicas entre fibras sintéticas y vegetales Adaptado de Obtención de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión.

Aunque las propiedades mecánicas de las fibras artificiales sean superiores a las que pueden presentar las fibras vegetales, se llegan a destacar debido a que llegan a ser 50% más livianas que las de vidrio, permitiendo un aumento de eficiencia de materiales, este es el objetivo que desean muchas industrias como la automotriz y la aeronáutica. (Guerrero, 2011)

Otro beneficio que presentan estas fibras naturales es el costo y generalmente necesitan un menor consumo de energía que las sintéticas, añadiéndole un bajo costo de procesamiento y en un mínimo impacto sobre el medio ambiente.

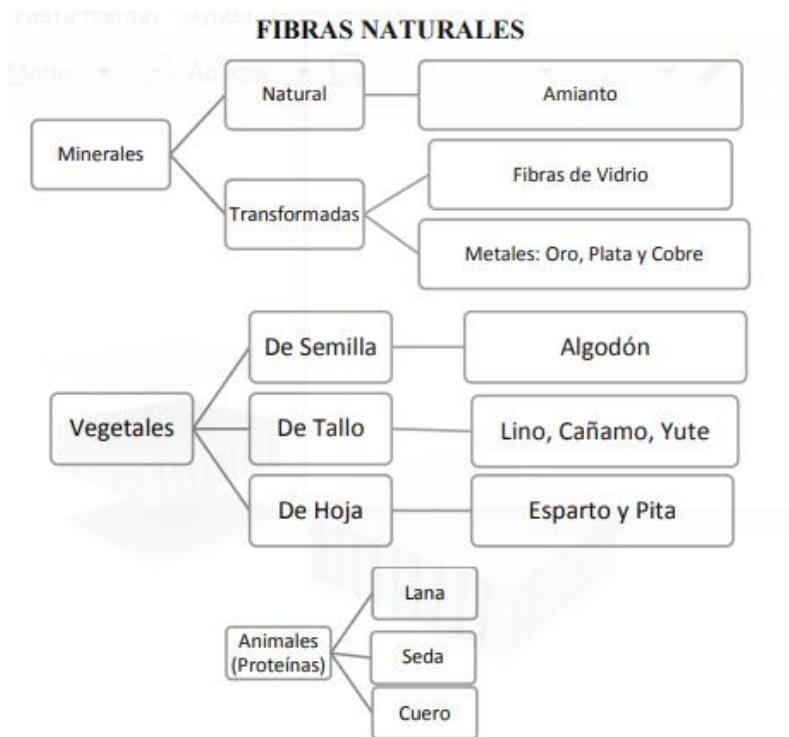
## **2.4. Fibras**

Para ser consideradas fibras, deben tener una estructura dimensional delgada y larga, contar con un diámetro no mayor a 0,5 mm y estar orientado a lo largo de un solo eje. Su principal propiedad es la cohesión molecular, otorgando excelentes características de resistencia a la tracción, pero se llegan a doblar de manera muy fácil si se le aplica cargas de compresión o flexión. (Balseca, 2009)

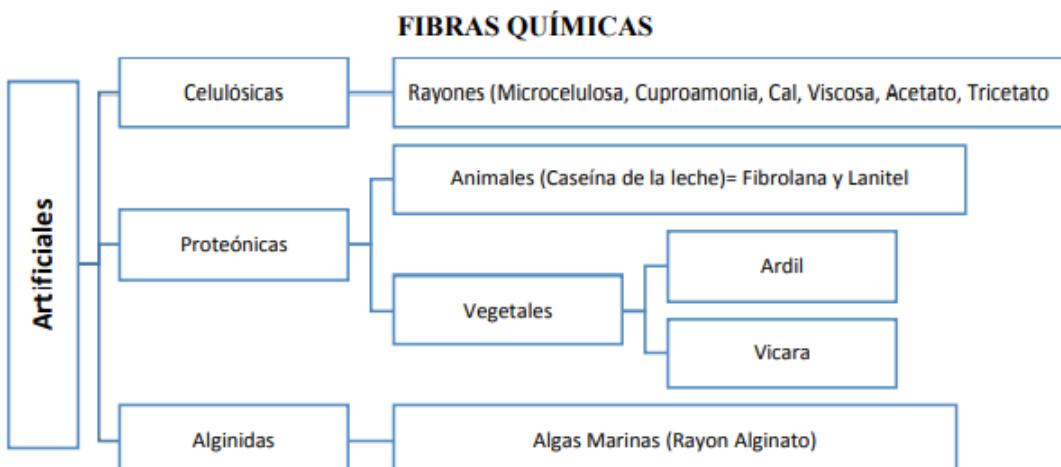
Las fibras se utilizan normalmente como refuerzos de materiales para distintas aplicaciones, una de las fibras que han revolucionado el mundo por la resistencia y aplicabilidad es el asbesto, la contraparte de este material es su problema cancerígeno para la aceptación en muchos lugares del mundo. (Balseca, 2009)

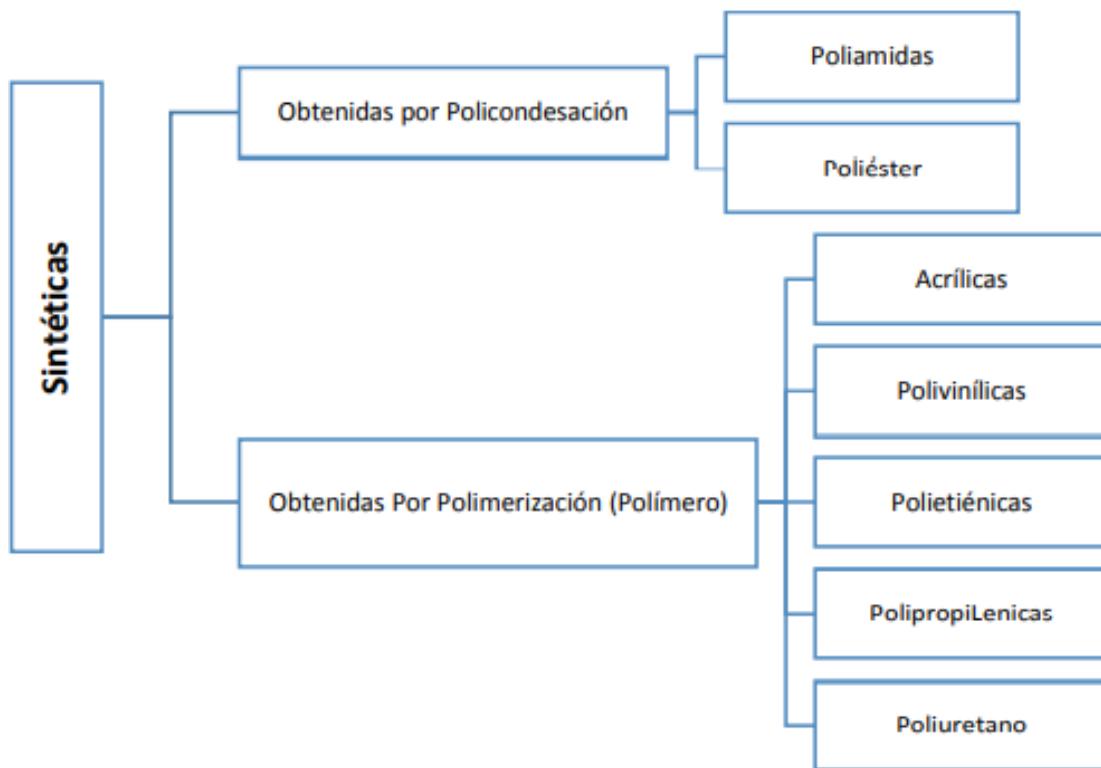
### **2.4.1. Clasificación de las fibras**

Su división se basa de acuerdo a su origen los cuales son los naturales los cuales se dividen en vegetal o animal y los químicos después se dividen en artificiales y sintéticos. Los podremos observar en la figura 32 y en la figura 33

**Figura 32***Clasificación de las fibras naturales*

Nota: Este cuadro presenta la clasificación de las fibras naturales, las cuales pueden ser minerales o vegetales y estas se subdividen para el cumplimiento de diversas aplicaciones. Adaptado de Obtención de compuestos de polietileno reforzado con fibra de abacá mediante moldeo por compresión.

**Figura 33***Clasificación de las fibras químicas*



Nota: Las fibras químicas poseen más resistencia debido a su procesamiento recibido. Adaptado de Obtención de compuestos de polietileno reforzado con fibra de abacá mediante moldeo por compresión.

#### **2.4.1.1. *Fibras Naturales de Origen Vegetal***

Su división es de dos grandes grupos: las blandas, que, por lo general son de corteza o fruto de plantas, como el lino, algodón, coco y entre otras; las duras, que su origen es de las hojas, como la cabuya, abacá, palmas y entre otras. El uso de las fibras naturales son legendarios poseen una alta aplicabilidad dentro de la agricultura, ambiente, farmacéutica, cordelería, empaques, aglomerados, construcción, decoración, artesanías, industria automotriz, textiles, confecciones, papel, aseo y otros usos como combustible, aislante térmico, entre otros. En la tabla 5 se podrá observar las fibras naturales de mayor uso, y que ventajas o desventajas llegan a presentar (Balseca, 2009).

**Tabla 5***Clasificación de fibras de origen vegetal*

Fibra	Características	Uso	Ventajas	Inconvenientes
<b>Algodón</b>	Es una forma pura de celulosa de alta cristalinidad. Es la fibra de la semilla del algodonero	Textil	Fresco, flexible, acumula electricidad estática. Tiene alta resistencia al rasgado y al frote, gran poder absorbente, no se apelmaza y es muy duradero	Se encoge si se lava a demasiada temperatura y tiende a arrugarse
<b>Capoe</b>	Es una fibra similar al algodón obtenida de las semillas del árbol de la especie ceiba penetradora. Al ser corta y frágil no puede hilarse igual que éste	Relleno en tapicería, chalecos salvavidas, material aislante	Ligero. Propiedades repelentes del agua	
<b>Lino</b>	Fibras obtenidas del tallo de las plantas de la cual coge su nombre. Se debe lavar para ropa de siempre a mano, vestir nunca centrifugarse, ni lavarse a	Ropa de cama, manteles, telas para velas y en menor medida	Fácil de teñir. Es muy fresca debido a que absorbe mucha humedad. Agradable al tacto. No acumula electricidad	Fuerte tendencia a arrugarse.

	temperaturas altas.	estática
<b>Rafia</b>	Hierba de Confección de aproximadamente 1 sombreros, metro de altura, de esteras, cesta cuyas hojas se extrae una fibra.	
<b>Ramio</b>	Fibra lustrosa más Confección de Resistente a los Difícil de hilar fuerte que el cordeles. Los productos Tendencia a algodón tejidos (suelen químicos fijan arrugarse ir mezclados bien los tintes, con otras es duradera y fibras) se usan suave en colchonería, tapicería	
<b>Esparto</b>	Para la industria de papel. Su uso principal: fabricación de cestas y cuerdas	
<b>Yute</b>	Se extra de los Para tejidos tallos del yute. como Absorbe humedad, embalajes es muy sensible a como sacos y los ácidos, las lejías también para no le afectan cordonería	
<b>Abacá</b>	Fibra fuerte y dúctil Con él se confeccionan numerosos géneros textiles: Tejidos bastos,	

---

	cuerdas, lonas
<b>Abacá</b>	Fibra similar al cáñamo. Con él se confecionan cuerdas, lonas
<b>cuerda</b>	Es larga, sedosa, numerosos géneros elástica textiles:
	Tejidos bastos, cuerdas, lonas
<b>Abacá de manila</b>	Las fibras finas se usan para fabricar tejidos. Las más bastas, para cuerdas y cabos.

---

Adaptado de Nuevos Materiales Industriales.

#### **2.4.1.1.1. Composición química de las fibras vegetales**

Están constituidos fundamentalmente por celulosa , hemicelulosa y lignina, de ahí su nombre fibra lignocelulósica. Cabe destacar que su estructura se encuentra formada por elementos minoritarios como proteínas, ceras, resinas y algunos productos inorgánicos. (Guerrero, 2011)

Su composición química varía dependiendo de su especie, edad de planta y condiciones climáticas, pero su celulosa, hemicelulosas y lignina llegan a tener una relación general, el comportamiento llega a cambiar al momento de ser sometidas en diferentes aplicaciones industriales. La tabla 6 explica a detalle, la composición de las principales fibras vegetales, indicando su celulosa, hemicelulosa y lignina. (Guerrero, 2011)

**Tabla 6**

*Composición química en porcentaje de algunas fibras vegetales*

Fibra	Celulosa (% peso)	Hemicelulosa (% peso)	Lignina (% peso)
<b>Lino</b>	71,2	18 – 20	2,2
<b>Cáñamo</b>	70 - 75	17 – 22	3,7 - 5,7
<b>Yute</b>	61 - 71	13 – 20	8,1 - 13
<b>Kenaf</b>	45 - 57	21	8 – 13
<b>Ramio</b>	68 - 76	13 – 16	0,6 – 0,7
<b>Abacá</b>	63 - 70	20 – 21	5 – 6
<b>Sisal</b>	67 - 78	10 -14	8 – 14
<b>Algodón</b>	82 - 93	3 – 6	---
<b>Bambú</b>	35 - 61	15	27 - 32
<b>Coco</b>	32 - 43	0,15 – 0,25	40 - 45
<b>Banana</b>	63 - 64	10	5
<b>Formio</b>	71,3	---	---

Adaptado de Obtención de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión.

#### **2.4.1.1.2. Propiedades mecánicas de las fibras de vegetales.**

Las fibras naturales han sido usadas para reforzar materiales compuestos desde épocas pretéritas debido a su historial de fortaleza y resistencia, claro para que estos resultados sean eficientes deben tener buena adherencia con la matriz y una orientación adecuada con respecto a la carga donde vaya a ser sometida. Las fibras pueden presentar varias ventajas o desventajas durante su proceso. (Guerrero, 2011).

**Tabla 7**

*Ventajas y desventajas de utilizar fibras naturales como refuerzo en la elaboración de materiales compuestos*

Ventajas	Desventajas
<b>Sostenibilidad</b>	Baja resistencia al agua
<b>Generan un bajo consumo de CO<sub>2</sub></b>	Alta absorción de agua
<b>Son biodegradables</b>	Baja estabilidad dimensional
<b>Requieren un bajo consumo de energía</b>	Pobre interfaz
<b>No quedan residuos tóxicos al quemarlas</b>	Dureza
<b>Su densidad es baja</b>	Dificultad en su procesamiento
<b>Poseen buenas propiedades mecánicas</b>	Calidad heterogénea
<b>No son tóxicas ni abrasivas</b>	Demandas y ciclos de suministro variables
<b>Tienen bajo costo</b>	Presentan alta flamaabilidad

Nota: Al momento de seleccionar la fibra se debe tomar en cuenta sus parámetros, los cuales determinarán la facilidad de producción y rendimiento. Adaptado de Green Composites. Polymer Composites and the Environment.

#### **2.4.2. Parachoques hecho de fibra natural de la planta de Abacá**

Según (Darwin & David, 2016) las fibras naturales son materiales que tienen bajo costo y una baja consistencia, a más de brindar, su composición resulta tener efectos menos abrasivos a comparación de las fibras de vidrio y metales. Al paso de los años el objetivo ha sido usar fibras naturales como alternativa para refuerzo. Llegan a representar una importante alternativa para principales componentes que pueden llegar a estar reforzados con metal, aluminio, cromo, tungsteno, etc.

Se eligió la planta abacá ya que Ecuador es el segundo productor a nivel mundial después de Filipinas, con aproximadamente 10000 toneladas anuales. (Guerrero, 2011)

El proyecto realizado por (Darwin & David, 2016) usando la fibra natural, mediante sus propiedades fueron superiores a la del material original, pasando los respectivos ensayos de tracción y flexión siendo la resistencia máxima, modulo tangente, deformación en cada una de ellas, siendo determinante para poder realizar la respectiva comparación. También tuvieron que tener en cuenta el tipo de fibra a utilizar debido a que el abacá llega a otorgar varias características en diferentes aplicabilidades que se desee dar.

#### **2.4.3. Fibra de Carbono**

Es un compuesto muy ligero, inclusive más que el acero, con una resistencia igual, y anticorrosivo, además, puede llegar a tomar diversas formas y gran capacidad de adaptabilidad en varios sectores. Esta fibra es utilizada actualmente como un refuerzo

fabricado a partir de un polímero llamado poliacrilonitrilo (PAN), estas fibras logran tener una gran resistencia mecánica, no obstante, a un roce o impacto de baja energía resulta ser cuatro veces más flexible que las mejores aleaciones de acero y con un peso menor en igual proporción. (Antonio, 2007)

La aplicación de fibra de carbono en estructuras dispuestas a cargas repetitivas o fatiga, se muestra como un material sensible, además referente a las capacidades estáticas presenta propiedades muy elevadas con fibras de alto modulo (HM) al igual que con las de alta resistencia (HR). (Antonio, 2007)

#### **2.4.3.1. *Tipos de fibra de carbono.***

Los tipos de fibra de carbono varía dependiendo del tratamiento de calentamiento que se le vaya a través de su proceso de fabricación, donde, podemos encontrar tres tipos distintos de fibra (Antonio, 2007):

- De alto módulo (HM)
- De alta resistencia (HR)
- De baja calidad (III)

#### **2.4.3.2. *Tejido del Carbono.***

La diversidad de los entretejidos de las fibras puede denotar diferentes propiedades y características brindando ventajas o desventajas, de los cuales procederé a hablar de los más comunes (Ortega, 2018):

- **Tejido Plano o Plain:** Es aquel que cada hilado pasa por la parte superior e inferior del próximo hilo de manera longitudinal y transversal, este tipo llega a proporcionar una tela reforzada en aplicaciones generales. De ejemplo tenemos la figura 34 para observar a detalle el tejido plano. (Uribe, 2009)

**Figura 34**

*Tejido plano de fibra de carbono*

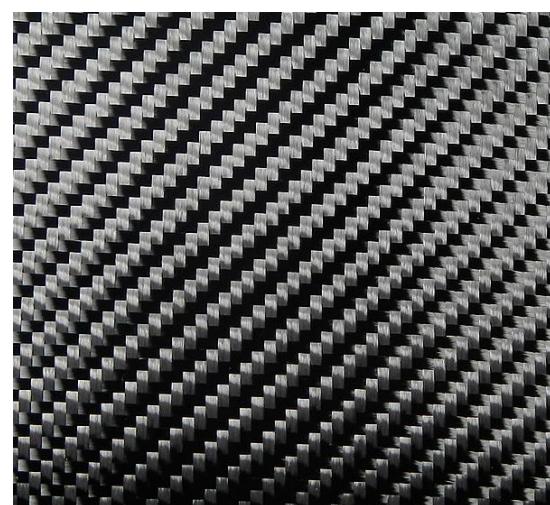


Nota: Se puede observar el mallado del tejido plano en la fibra de carbono. Adaptado de La fibra de carbono en la tecnología moderna de (<https://www.autobodymagazine.com.mx/2018/02/01/la-fibra-de-carbono1/>)

- **Tejido Cruzado o Twill:** El número de hilados longitudinales pasan sobre las transversales de manera recíproca, esto varía obteniendo distintas construcciones, se marca más fácilmente que los tejidos planos y son más fáciles de humedecer con la resina. De ejemplo la figura 35 (Uribe, 2009)

**Figura 35**

*Fibra de carbono con tejido cruzado*



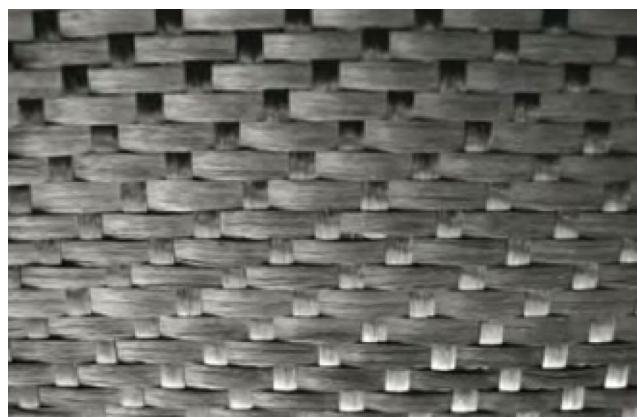
Adaptado de Fibra de Carbono Sarga: (<https://tf3p.com/tienda/tejidos-para-materiales-compuestos/fibra-de-carbono-twill-sarga-200g-1m-ancho/>).

• **Tejido Satinado o Satín:** Llegan a ser similares a los cruzados con la diferencia que las cantidades de hilos son mayores en sentidos longitudinales y transversales, uno de los lados es construido por filas longitudinales y el posterior por transversales, al momento de llegar al acabado es similar al satín (por eso su nombre).

Como se observa en la figura 36. (Uribe, 2009)

**Figura 36**

*Tejido satinado de fibra de carbono*



Adaptado de Tejido de fibra de carbono: (https://www.compositeshop.de/xoshop/lng/es/fibras/fibras-de-carbono/tejido-de-carbono/tejido-de-fibra-de-carbono-saten/6k-tejido-de-fibra-de-carbono-370-gm-saten.html.)

#### 2.4.3.3. *Aplicaciones de fibra de carbono en el ámbito automotriz.*

La fibra de carbono (FC), al ser un material compuesto brinda grandes características de tener un menor peso, si no, contar con una gran resistencia, llega a ser el favorito en la industria automotriz, pero no solo es usada en esta área, se encuentran aplicándola en el desarrollo de nuevos componentes y aplicaciones para sustituir los elementos con mecánicas similares, pero que poseen un gran peso. (Perez, 2014).

Tanto la industria automotriz como la aeronáutica han tenido privilegio por el uso de esta tecnología. El automovilismo es la competencia de mayor desarrollo con

respecto a la fibra de carbono, además, las marcas de alta gama, la utilizan para crear los “super autos”, la Formula 1 se encarga de analizar, emplear y desarrollar sus vehículos en fibra de carbono, esto debido a que son la mayor competencia del automovilismo.

#### **2.4.3.3.1. Aplicaciones de fibra de carbono a nivel nacional**

El estudio y análisis de la FC, no se encuentra a gran alcance o posee una nulidad con respecto a las autopartes, varias universidades se han planteado el estudio de desempeño y análisis destructivos para llegar a comprobar su resistencia mecánica del material. (Cabrera, 2016).

Pero esto no indica que se realicen estudios dedicados a las autopartes, la industrialización de los medios donde se podría desenvolver este material, no se ha podido generar de ningún tipo, ya que no ha tenido la misma acogida, recalquemos que la fibra de carbono se encuentra en realización única por entidades académicas. (Ortega, 2018)

#### **2.4.3.3.2. Walmart Wave Concept: Camión híbrido y con fibra de carbono**

Este proyecto iniciado por Walmart, uno de los minoristas de alimentos a nivel mundial, cuyo camión experimental reduciría significativamente el impacto medioambiental de este tipo de vehículos. (Serrano, 2014)

El rasgo principal del Walmart WAVE (Wave Advanced Vehicle Experimental) es que mide aproximadamente 16 metros de longitud, y solo estaría fabricado por fibra de carbono de una sola pieza, ahorrando de esta manera 1800 kg de peso frente a los remolques tradicionales, como se observa en la figura 37. Esto contribuiría significativamente al ahorro de combustible y, por ende, a las emisiones contaminantes. (Serrano, 2014).

Este prototipo es el resultado entre la colaboración obviamente de Walmart y una amplia gama de proveedores, los cuales están incluidos Peterbilt, Roush Engineering, Great Dane Trailers y Capsone Turbine. La mayoría de componentes de este vehículo son

de vanguardia, mostrando innovaciones del futuro que impulsarán una mayor eficiencia. Para la aerodinámica utilizaron un extenso análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD) para optimizar el estilo del camión. (Walmart, 2014)

**Figura 37**

*Walmart Advanced Vehicle*



Nota: Este modelo conceptivo ideado por una de las empresas más conocidas a nivel mundial sería la revolución en la industria de tractocamiones debido a la fibra de carbono de la cual está fabricada. Adaptado de Walmart estrena camión futurista: (<https://corporate.walmart.com/newsroom/2014/03/26/walmart-debuts-futuristic-truck.>)

## 2.5. Aerodinámica

La Aerodinámica es la ciencia que estudia los flujos de aire. Su participación en la industria automotriz es determinante, ya que gracias a esto podemos reducir el consumo de combustible y mejorar el comportamiento direccional a velocidades elevadas. (Fraija & Iskandar, 2006).

Un vehículo logra tener una buena aerodinámica cuando ofrece la menor resistencia posible al aire. Normalmente los pequeños “apéndices” del vehículo como espejos retrovisores, antenas, molduras o manillas, llegan a repercutir de manera negativa a la aerodinámica, por lo que son de estudio principal en esta materia. La incorporación de spoilers y alerones permiten evitar un efecto de fluctuación en cualquier eje del vehículo, en este momento es donde las fuerzas aerodinámicas se modifican ostensiblemente. (Fraija & Iskandar, 2006)

### **2.5.1. La aerodinámica en los tractocamiones.**

La NASA empezó a estudiar las diferentes formas para poder mejorar la aerodinámica en los tractocamiones. Después de numerosos ensayos, redondearon las aristas, y añadieron paneles laterales entre la caja y la cabina, de referencia la figura 38, de esta forma redujeron el arrastre hasta un 54%, lo que en la práctica sería en 20-25% ahorro en combustible. (Conner, 2015)

**Figura 38**

*Aplicación de la aerodinámica designado para los tractocamiones*



Nota: Este modelo de tractocamión fue realizado por la NASA para poder mejorar la aerodinámica. Adaptado de Aerodynamic Truck Studies en (<https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-100-DFRC.html>)

Después este estudio se volvió público, y la mayoría de fabricantes de camiones, decidieron modificar sus diseños intentando realizar cabinas más aerodinámicas para que

condujeran el aire frontal y redujeran el efecto de sobrepresión en el área frontal para mejorar el coeficiente aerodinámico y generar menor resistencia al avance. Actualmente elementos como difusores de viento lateral, carenados del techo, modulables según la altura del remolque e incluso modificación de retrovisores o guardafangos con perfil más aerodinámico, llega a suponer el ahorro de un 10%, según arroja la plataforma PART (Platform for Aerodynamic Road Transport), quien se encarga de perseguir la incentivación de la eficiencia aerodinámica en el ámbito de transporte por carretera. (Alvaro, 2016).

## **2.6. Sistema Computer Aided Engineering**

La Ingeniería Asistida por Computadora es una herramienta que ayuda a las empresas en desarrollo y perfeccionamiento de productos. Con ayuda de la computadora se puede llegar a realizar diferentes tipos de análisis ya sea estáticos, dinámicos, de fluidos, térmicos, electromagnéticos y acústicos, todo esto para llegar a una perfección de la pieza, ayudando al aumento de productividad, facilidad en detección de fallas y ayudando a la identificación de soluciones. (ESSS, 2014)

## **2.7. Sistema Computer Aided Design**

El diseño asistido por computadora muy utilizado por los ingenieros, dibujantes y diseñadores para poder producir, modificar, almacenar, enviar y transmitir dibujos originales. A más de esto, nos permite también realizar cálculos de estructuras y operaciones de torsión, inclinación y curvaturas de planos. Al usar este sistema el diseñador puede conceptualizar el objeto a diseñar, con más facilidad, en la pantalla de gráficos, y considerar diseños alternativos, para cumplir con los requisitos o cambios necesarios. (Urán & Helena, 2015)

### **2.7.1. Inventor Professional Computer Aided Design.**

Este software CAD proporciona herramientas de calidad profesional para un

diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos, permitiendo realizar trabajos de manera eficiente con la combinación potente de capacidades de diseño paramétrico, directo, de forma libre y basado en reglas. (AUTODESK, 2019)

A más permite realizar distintas pruebas para comprobar el estado de la pieza.

#### **2.7.1.1. *Análisis de Tolerancia***

Es la cantidad total que le es permitido variar a una dimensión determinada y es la diferencia entre los límites superior e inferior especificados. Es la máxima diferencia que se admite entre el valor nominal y el valor real, o efectivo entre las características físicas o químicas de un material, pieza o producto. (Toapanta, 2013)

De acuerdo con Falk Gockel Lernet (1986): “El término tolerancia es muy familiar para los mecánicos del taller. Significa, sencillamente, la calidad de variación permitida con relación al tamaño normal especificado. Las tolerancias asignadas dependen de la función a desempeñar por la pieza que este siendo dimensionada”.

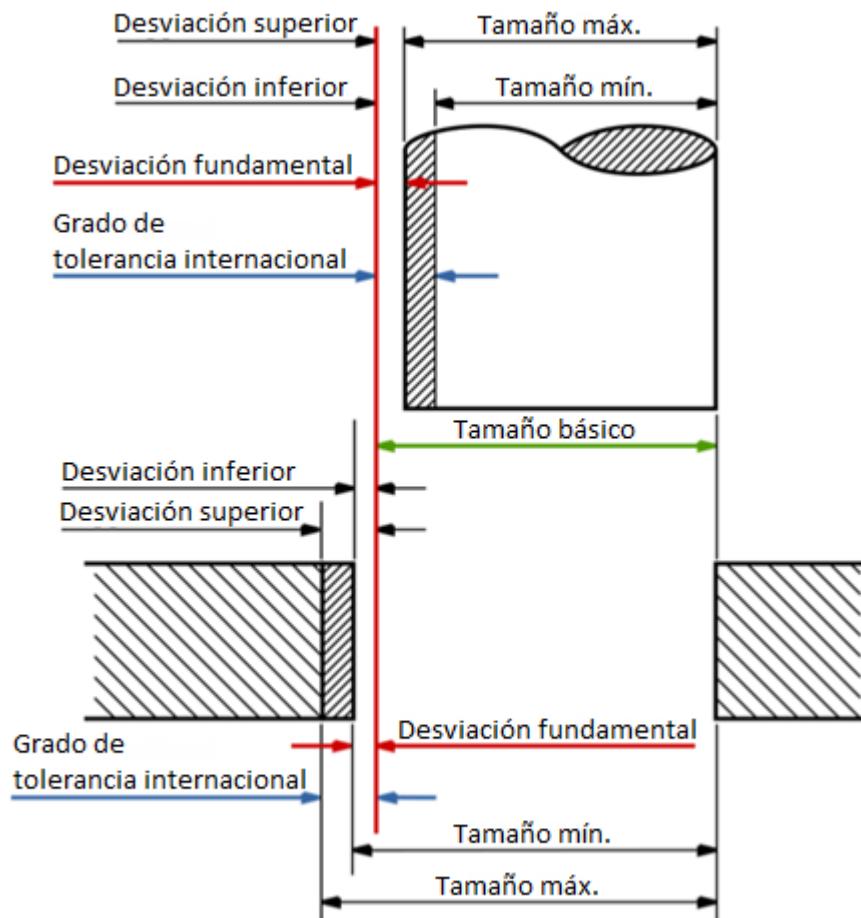
Este análisis de tolerancia es un software que nos ayuda a comprender con más claridad el impacto del ajuste mecánico y rendimiento en función de la variación dimensional que sea acumulada, como se ve en la figura 39.

Estos análisis nos ayudan permitir en las opciones que permite verificar el estado del elemento (AUTODESK, 2021):

- Garantizar un mejor ajuste al no tener que realizar cálculos manuales y utilizar hojas de cálculo.
- Determinar las tolerancias óptimas para mantener bajos los costes de fabricación.
- Aumentar la calidad y el acabado de los productos.

**Figura 39**

*Ejemplo de análisis de tolerancia*



Nota: Estos son los parámetros que puede llegar a obtenerse en el análisis de tolerancia del programa Inventor Professional. Adaptado de Análisis de Tolerancia en ([http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2020/ESP/?guid=Inventor\\_TOLAddin\\_inv\\_tol\\_analysis\\_wkflws\\_html](http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2020/ESP/?guid=Inventor_TOLAddin_inv_tol_analysis_wkflws_html))

### 2.7.1.2. Análisis de Tensión

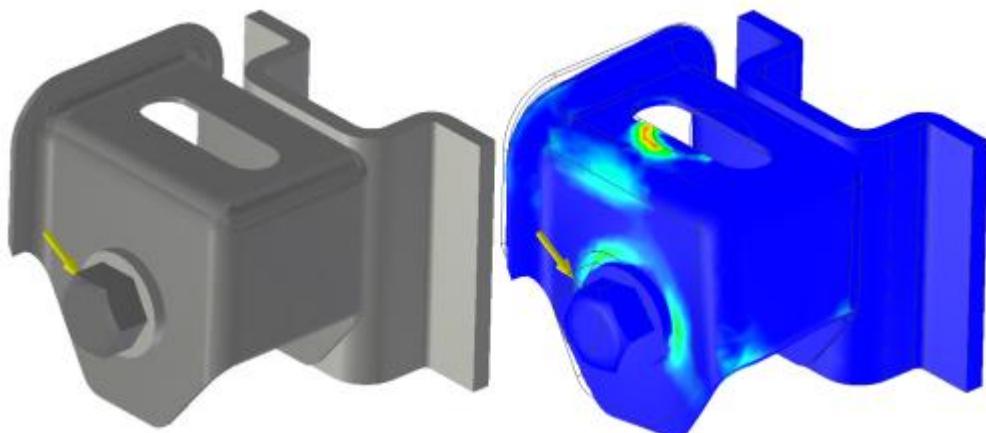
Un análisis de tensión puede ayudarle a encontrar las mejores alternativas de diseño para una pieza o un ensamblaje. En las primeras fases de desarrollo del diseño, puede asegurarse de que el diseño es satisfactorio para el uso esperado sin que se rompa o deformé. En análisis de tensión, hay dos tipos de simulaciones (AUTODESK, 2019):

- Análisis estático evalúa las condiciones de carga estructural.
- Análisis modal evalúa los modos de frecuencia naturales, incluidos los movimientos de los cuerpos rígidos.

Como podremos observar en la figura 40, después de crear una simulación y establecer los parámetros que se desea evaluar, se ejecuta la simulación. La simulación genera un conjunto de resultados CEF para todas las combinaciones de parámetros que se definen. (AUTODESK, 2019).

**Figura 40**

*Análisis de Tensión*



Nota: Mediante la simulación que Inventor nos permite, sobre la figura creada podemos ver las tensiones que se puedan generar configurándolo a nuestra manera, Adaptado de Acerca del Análisis de Tensión en (<https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/clouddhelp/2019/ESP/Inventor-Help/files/GUID-61F01A5D-7E54-45A1-9698-7BB11F0AEE94-htm.html>)

## Capítulo III

### Metodología Aplicada

#### 3.1. Obtención de geometría

Las medidas del parachoques Kenworth T800 fueron obtenidas en el patio Pascuales en la empresa Brodi S.A., donde laboraba, todo esto se lo realizó con las medidas de medición apropiadas como flexómetro para las mediciones de gran tamaño ya que por estructura original este llega a ser grande y calibrador Vernier o pie de rey para medidas internas, medidas externas y las medidas de profundidad que me pudiera presentar el parachoques, de esta manera lograr recrear en el programa CAD Inventor Professional una versión exacta, después de lograr el diseño se procede a realizar los análisis de tensión y tolerancia que nos ofrece la aplicación, aparte en el programa Autodesk CFD se realizará la simulación aerodinámica con un túnel de viento para ver las reacciones del parachoques original y el personalizado con respecto a la velocidad de 80 km/h, la cual fue escogida debido a que es la máxima velocidad permitida en el territorio ecuatoriano para la circulación de los tractocamiones y la presión estática que se genera.

Para tomar las medidas se aprovechó un día sábado ya que al ser una empresa de transporte de importación y exportación los tractocamiones no tenían para, el parachoques del Kenworth T800 se compone en tres partes, el central, el cual está construido con acero inoxidable y los laterales del lado izquierdo y derecho que están fabricados con plástico reforzado con fibra de vidrio. El modelo del parachoques se puede observar en la figura 41 y en la figura 42, los parachoques laterales están fabricados de plástico con fibra de vidrio y el central de acero inoxidable.

**Figura 41**

*Parachoques lateral LH de Kenworth T800*



Nota: Este parachoques se encuentra realizado de plástico reforzado con fibra de vidrio, internamente posee una malla fina la cual es para evitar la introducción de insectos al faro neblinero.

**Figura 42**

*Vista frontal del parachoques Kenworth T800*



Nota: Los agujeros en la parte central son para poder colocar el refuerzo para remolque y la placa del tractocamión.

Los daños que reciben los parachoques laterales hecho de fibra de vidrio son muy frecuentes, debido a que circulan por zonas estrechas o sufren golpes por malas maniobras realizadas por los conductores. A más decir, que en su estructura presentan una curva la cual va agarrada al chasis, pero debido a su composición es la más frecuente en romperse, como se podrán observar en las siguientes figuras. Otra zona afectada llega a ser el recubrimiento de los faros que tiene extrusión diagonal y grosor fino. En las figuras 43 y 44 se observan los continuos daños que tienen estos parachoques laterales.

**Figura 43**

*Daños de parachoques laterales*



Nota: El daño más común de estos era debido a las vibraciones que tienen los parachoques, adicional suelen dañarse por irresponsabilidad del conductor, debido a la caída de los pernos y llegan a estar sueltos, omitiendo este fallo.

**Figura 44**

*Daño del recubrimiento de los faros*

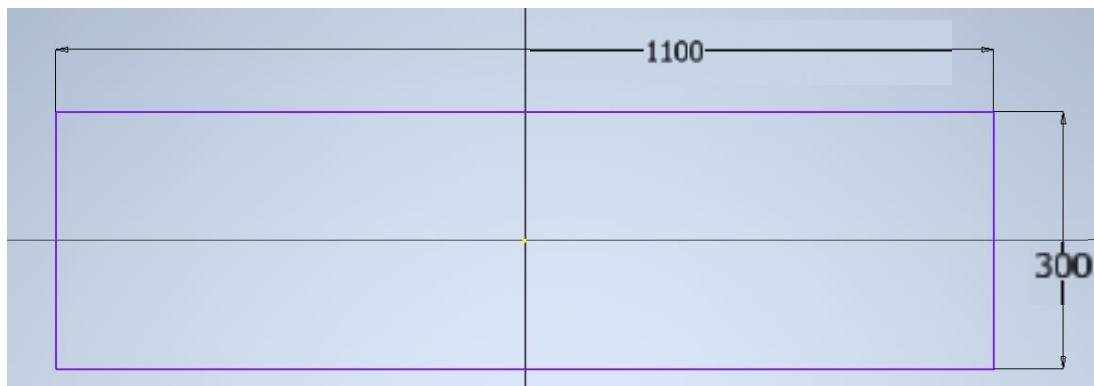


### 3.2. Dominio Computacional

Se procedió con las medidas tomadas del parachoques original a diseñarlo en el Inventor, iniciando con el parachoques central en el plano YZ, realizándolo de manera central y simétrica. La extrusión del parachoques completo es de 10 mm

**Figura 45**

*Plano de tamaño de parachoques central Kenworth T800*

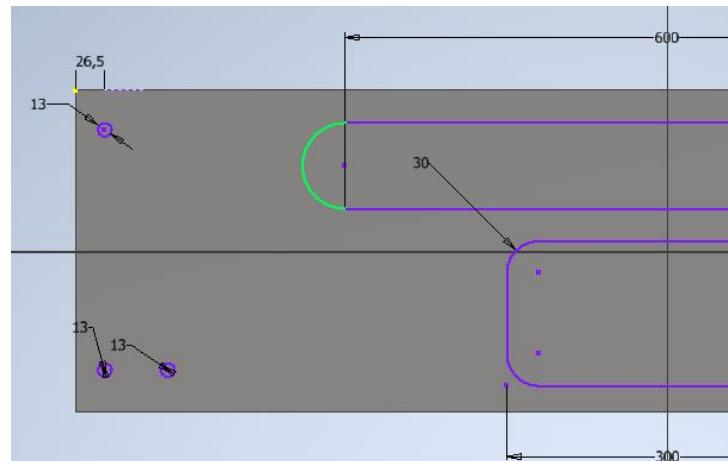


Nota: Con una medida de 1100 mm de largo con 300 mm de altura y al momento de la extrusión

En la figura 46, se procede a realizar en el plano frontal a hacer un boceto donde estarán las medidas para los pernos, y el soporte de arrastre de los cabezales.

**Figura 46**

*Diseño central del parachoques Kenworth T800*

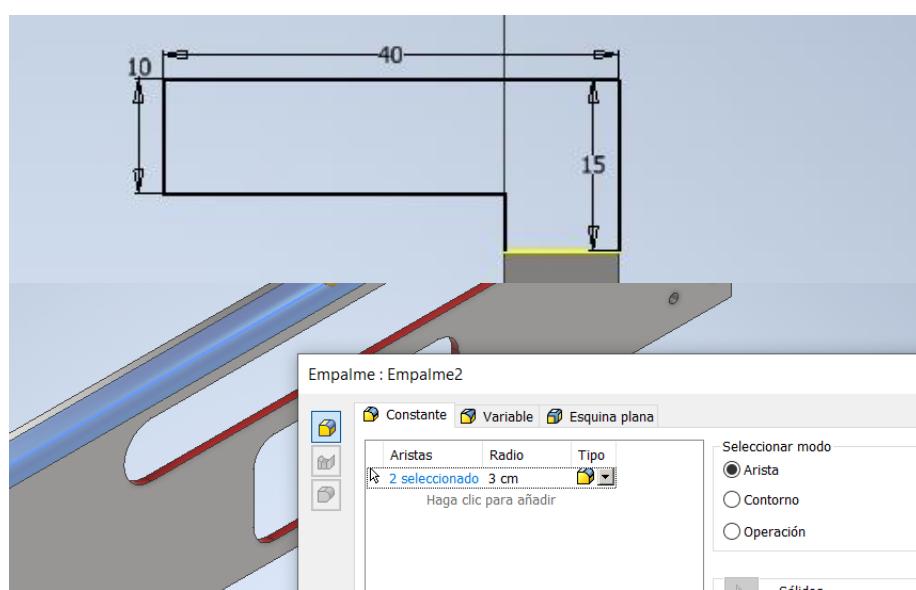


Nota: En la parte central lleva dos espacios, el superior con un 600 mm por 80 mm el cual sirve para la entrada de aire al radiador, el otro con una medida de 3000 mm por 135 mm, donde se coloca el soporte para arrastre de los cabezales en caso se queden detenidos por alguna falla mecánica, los agujeros de los pernos son de 13 mm de diámetro.

En las siguientes figuras 47-48, se procedió a trabajar en la parte superior e inferior del parachoques, como se pueden observar en las imágenes.

**Figura 47**

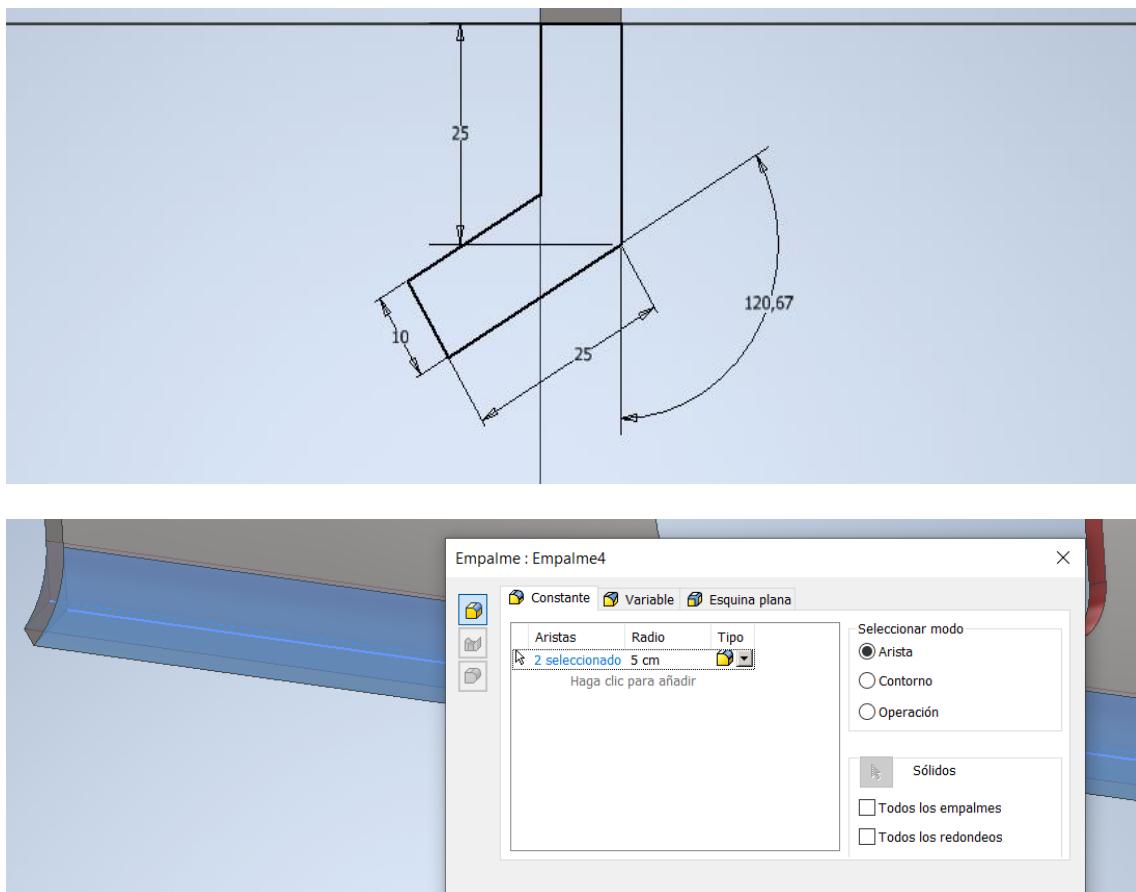
*Diseño de la parte superior del parachoques central con el empalme*



Nota: El extremo superior consta de una altura adicional de 15 mm y se extiende con un extremo de 4 mm con espesor de 10 mm, el empalme consta de 30 mm.

**Figura 48**

*Diseño de la parte inferior del parachoques central con empalme*

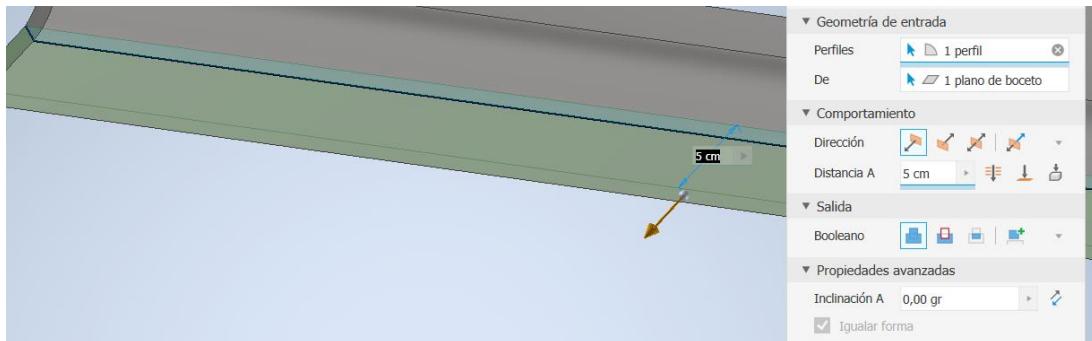


Nota: Las medidas inferiores se alargan a un 25 mm con un ángulo de 120,67° y el espesor es de 10 mm, el empalme que se uso fue de 50 mm

Una vez realizado este último empalme, se le realiza un alargamiento de 50 mm, el cual sirve como protección contra el lodo de las carreteras, a la vez aumenta el riesgo de daño al parachoques y aplica un contrapeso, pero al tener esto el parachoques se vuelve pesado, y por lo común los pernos se llegan a aflojar provocando que el daño sea más acelerado, como se detalla en la figura 49

**Figura 49**

*Cubierta inferior del parachoques*



Después se decide el color a la elección, en este caso, se decidió por el color rojo, y el material original del que está hecho el parachoques es acero inoxidable, como podrán observar en la figura 50.

**Figura 50**

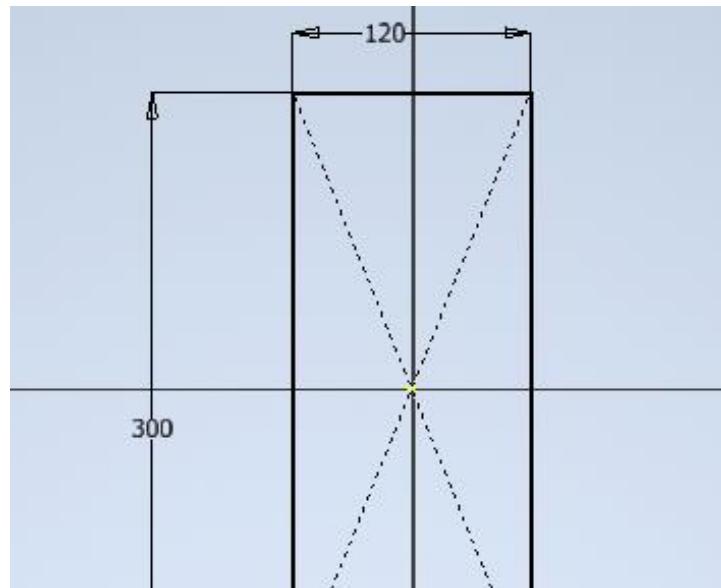
*Diseño final del parachoques frontal del Kenworth T800*



El proceso para la fabricación en el programa Inventor Professional de los parachoques laterales LH y RH, a partir de la figura 51 se podrá observar el proceso para la fabricación de los laterales, a más decir que este elemento es simétrico, se lo realizó en tres partes, debido a su estructura, empezando por la base que va unida con el parachoques central.

**Figura 51**

*Proceso de elaboración del parachoques lateral*

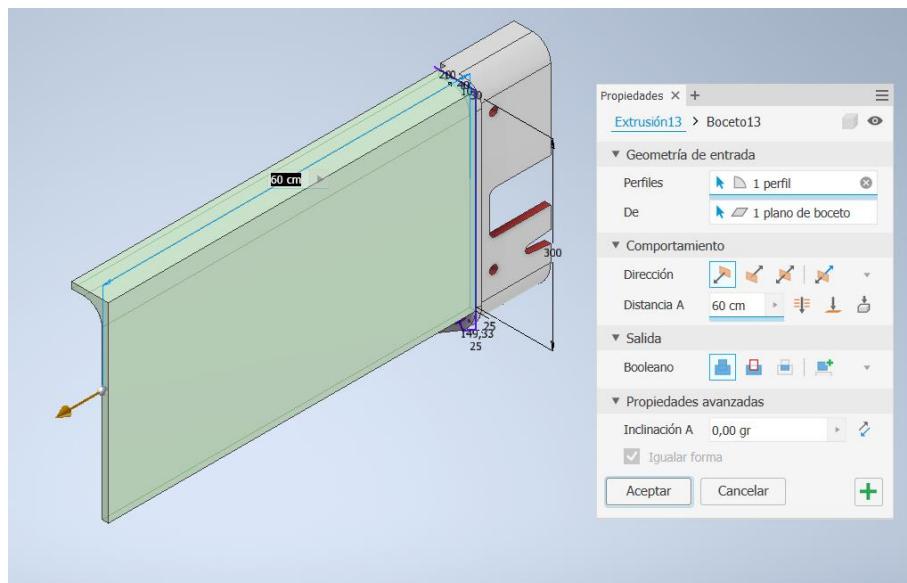


Nota: El largo que tenía esta primera parte del parachoques lateral fue de 120 mm, esta va en la parte posterior del parachoques central y ensamblado a la estructura del chasis, tiende a ser una parte frágil, por ser de fibra de vidrio y el espesor es de 10 mm.

En la estructura superior e inferior es el mismo modelo que el parachoques central, una vez realizado esto hay una diferencia angular de aproximadamente 7 mm, siendo esta el tamaño de la curva, de ahí la distancia hasta el extremo es de 600 mm, el detalle lo podrán observar en la figura 52

**Figura 52**

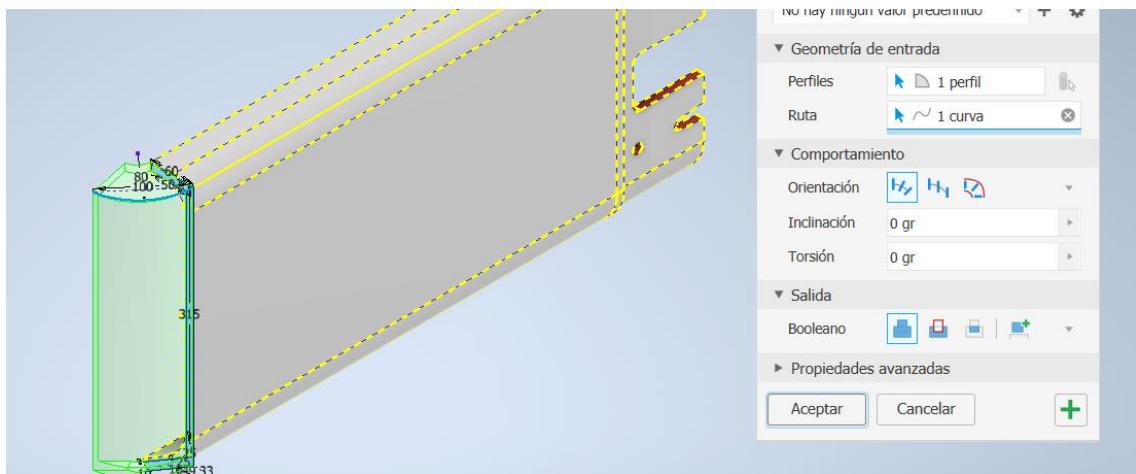
*Extrusión de parachoques lateral*



En la siguiente figura 53 al momento de realizar la curva se usó la opción barrida, para poder representar el parachoques.

**Figura 53**

*Curva de parachoques lateral*

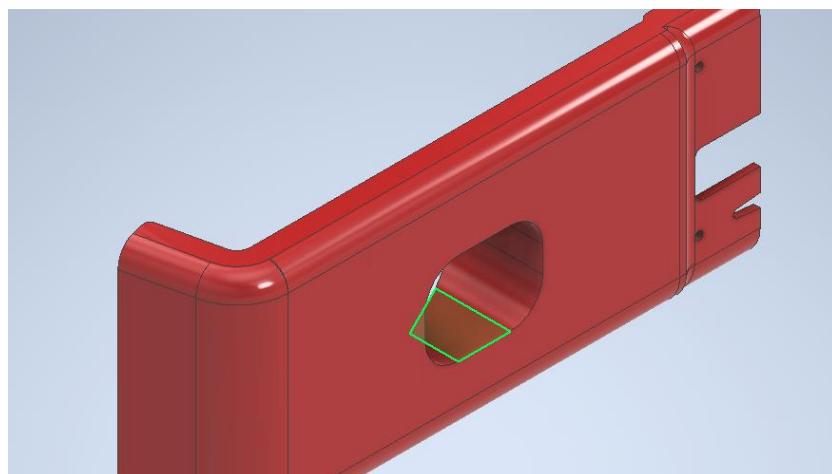


Nota: El ángulo de la curva es de  $80^\circ$  con una distancia de 100 mm, esta curva se la realiza para poder cubrir el lateral del tractocamión.

Ya para finalizar este lateral solamente se vuelve a recrear el mismo boceto en el extremo de la extrusión para darle la forma final, una vez realizada la extrusión de 150 mm de este boceto se produce los empalmes como acabado, para último coger el color y el material del cual está fabricado, el cual es fibra de vidrio. En la figura 54 se presencia el parachoques lateral RH de un Kenworth T800, el lado contrario sería el mismo.

**Figura 54**

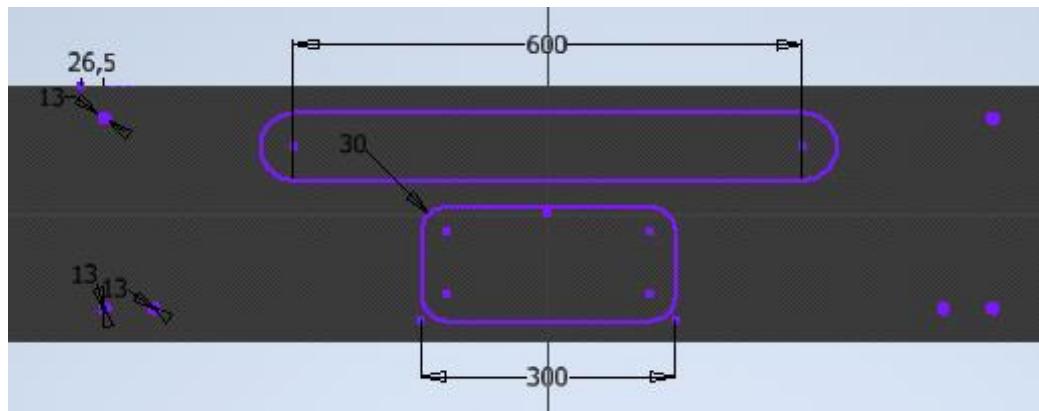
*Forma final del parachoques lateral del Kenworth T800*



Para el otro proceso del parachoques fue de diseño personalizado, en donde decidí realizar cambios en la estructura para que puedan evitarse los problemas con los daños en los parachoques comunes, se realizó un cuerpo sólido unificado y se escogió el material de plástico de fibra de carbono, que con las pruebas de simulación se podrá comprobar la eficiencia que este lograría obtener, como se observa en la figura 55

**Figura 55**

*Elaboración de boceto del parachoques personalizado*

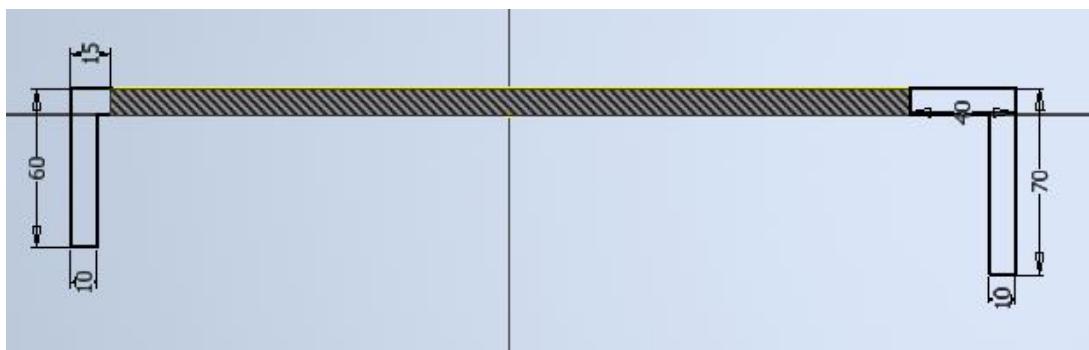


Nota: Cabe destacar que el boceto central es el mismo que el original

La parte superior e inferior varían para este diseño, todo esto para un mejor rendimiento aerodinámico, y ahorro de materiales. Para visualización podemos observar la figura 56.

**Figura 56**

*Diseño de boceto de parte superior e inferior del parachoques*

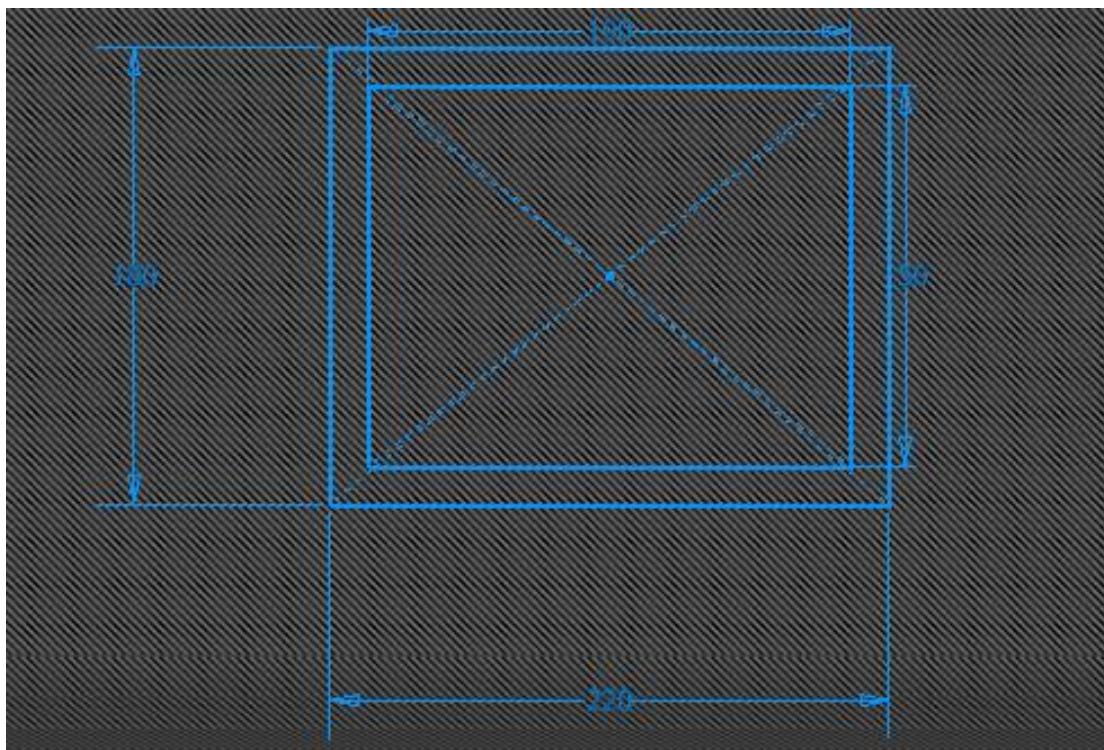


Nota: La parte superior cuenta con una longitud de 15 mm, la salida es de 60 mm, igual que la medida original y el espesor de 10 mm, el empalme es de 30 mm; la parte inferior cuenta con una distancia de 40 mm con una salida de 70 mm, y el empalme es de 50 mm, se evitó realizar una curva para evitar el peso y que se descompense.

El diseño de los agujeros de los faros varía totalmente al original, optando por realizar un diseño paralelo en la extrusión, esto para que al momento de reflejar la luz sea paralela y tampoco exista el problema de que sea frágil debido a dos cosas, el material del cual está compuesto, y el diseño que ha tenido daños seguidos en los tractocamiones provocando gastos, en las siguientes figuras 57 y 58 se observará las medidas y el diseño realizado.

**Figura 57**

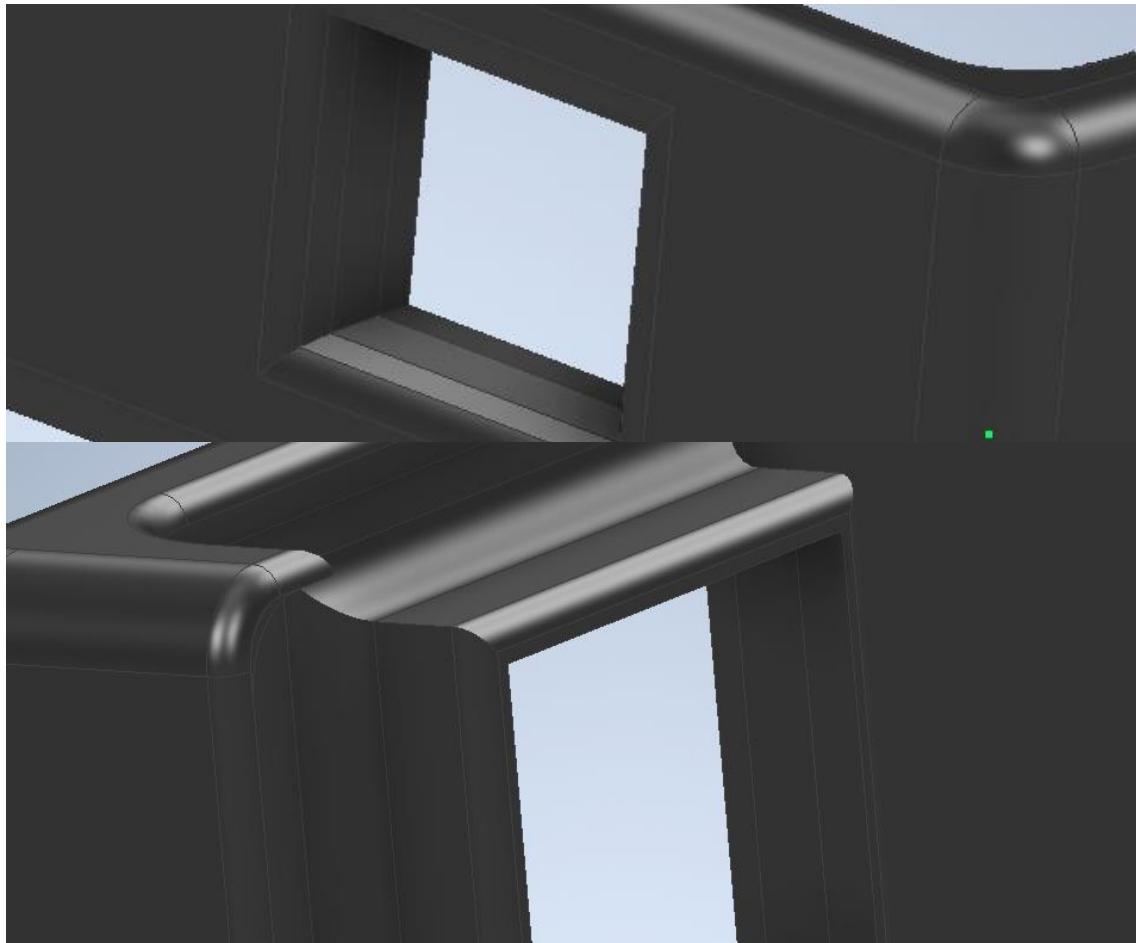
*Boceto de faros neblineros en el parachoques del Kenworth T800*



Nota: Las medidas externas del faro neblinero son de 190 mm x 150 mm

**Figura 58**

Vistas del diseño del faro neblinero de Kenworth T800



Nota: La extrusión es simétrica para evitar que la moldura de los faros sea más resistente y el grosor es de 50 mm.

### 3.3. Generación del mallado

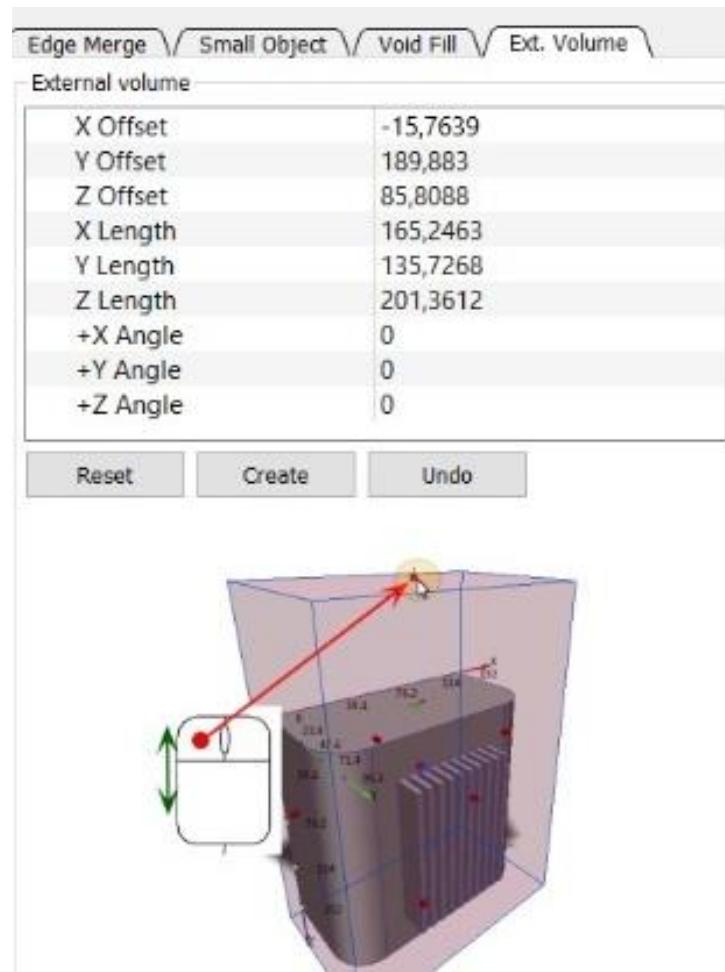
Para poder realizar el proceso para la simulación en Autodesk CFD, por medio de Inventor Professional activamos la herramienta de asistencia para el CFD, donde realizara un estudio para ver si hay existencia de longitudes de borde, astillas de superficie, huecos parciales, astillas de modelo, brechas de modelo y las interferencias. Todo esto para evitar un incorrecto mallado, ya que, si existe un error al momento del análisis, la simulación fallaría, impidiendo que se muestren los resultados.

Al momento de insertar el elemento en el Autodesk CFD, se abrirá la pestaña

Geometry Tools, como se presencia en la figura 59, la cual permitirá eliminar las superficies pequeñas que no sean de ayuda en la simulación o inclusive la lleguen a interrumpir, y por último se usa el volumen exterior donde se crea el tamaño del túnel de viento para proceder a realizar la simulación.

**Figura 59**

*Creación de volumen exterior*

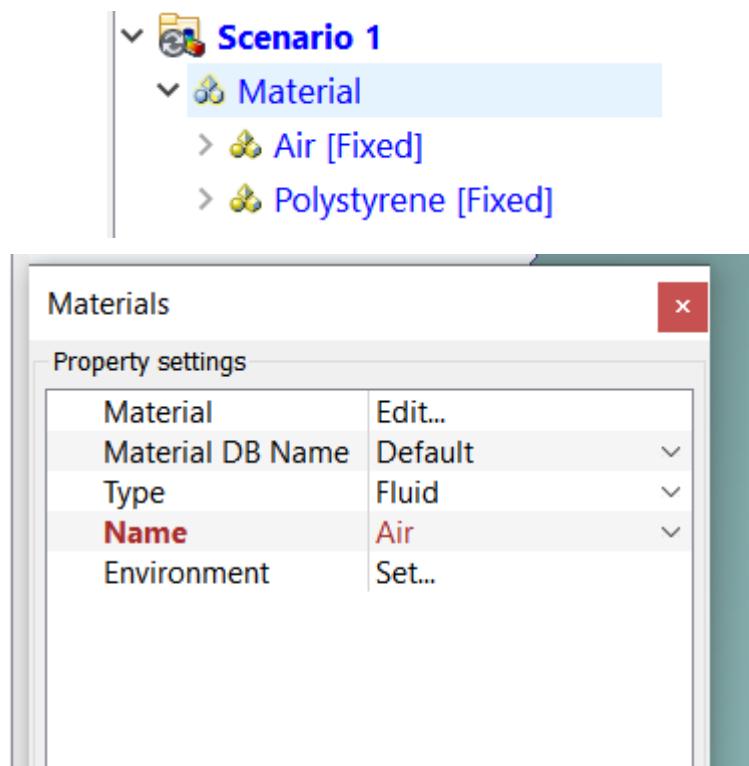


Una vez creado nuestro volumen exterior, procedemos a escoger los materiales de los cuales están hechos los componentes, en mi caso los dos modelos de parachoques. El volumen exterior se colocará de aire, y los componentes en el caso del primer parachoques será composición de metal con fibra de vidrio, y el segundo será un conjunto de poliestireno, se escogen estos materiales debido a que es la opción que nos permite el

programa como se puede observar en la figura 60.

**Figura 60**

*Elección de materiales para la simulación en Autodesk CFD*

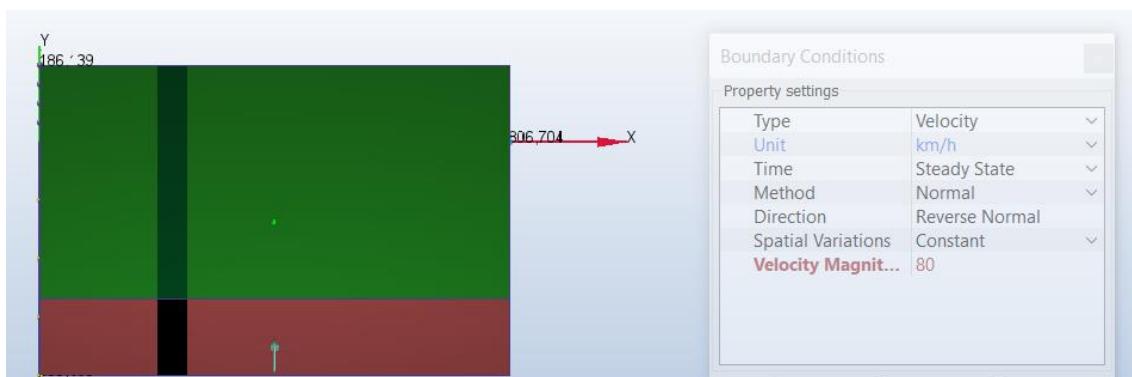
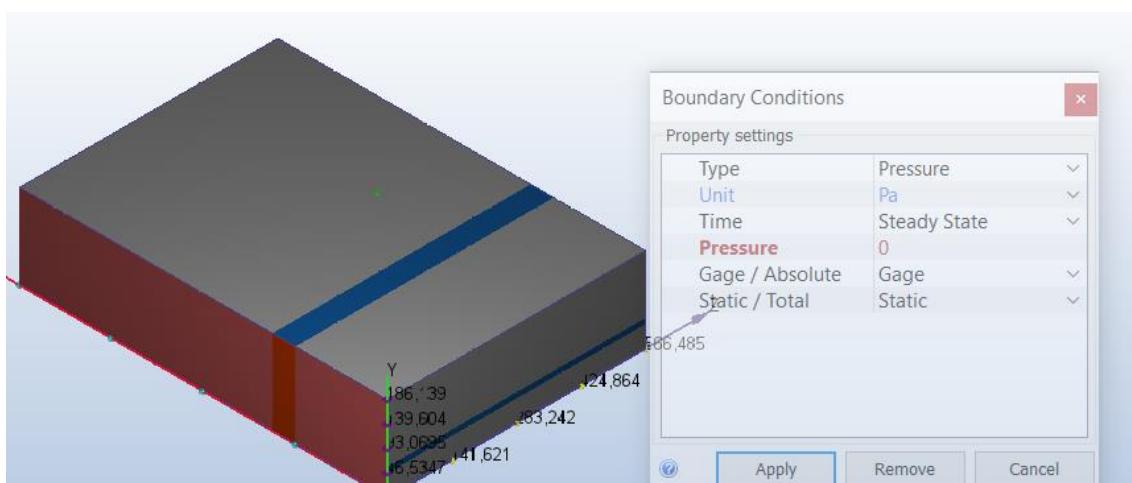
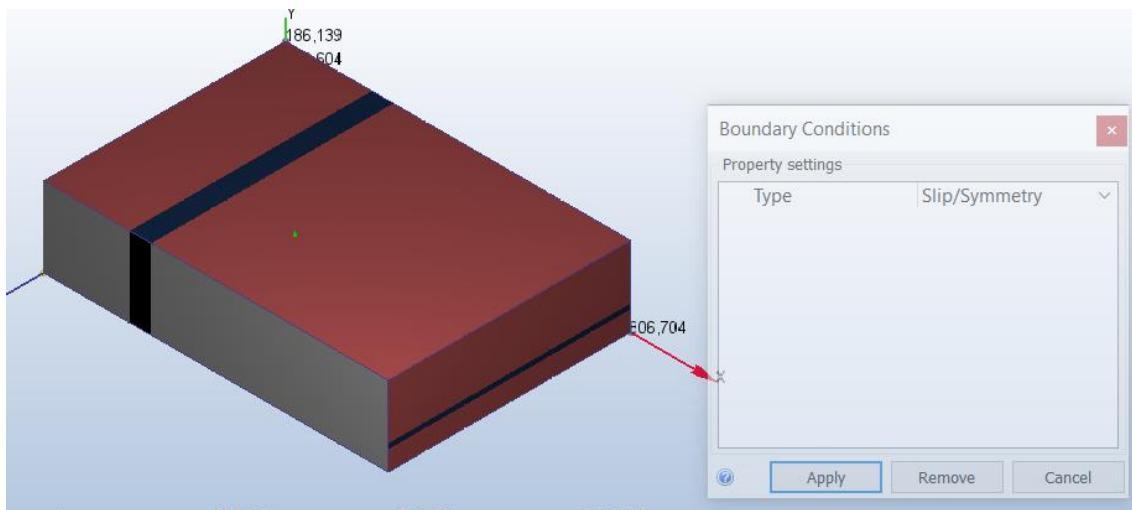


Una vez realizado eso vamos a la pestaña de Boundary Conditions la cual significa condiciones de borde, la cual sirve para poder determinar los factores a los cuales estará sometido el túnel de viento. Como se observa en la figura 61, en la pared frontal se elegiría la velocidad de 80 km/h debido a que ese es el límite de recorrido de los tractocamiones en el territorio ecuatoriano, en las paredes laterales y superior se pondría la opción simetría de deslizamiento y en la pared posterior va presión cuya medida sería en Pascal.

**Figura 61**

*Selección de condiciones de borde para el análisis de simulación*

- ✓ **Boundary Conditions**
- > [Pressure(0 Pa Gage)]
- > [Slip/Symmetry]
- > [Velocity Normal(80 km...)]

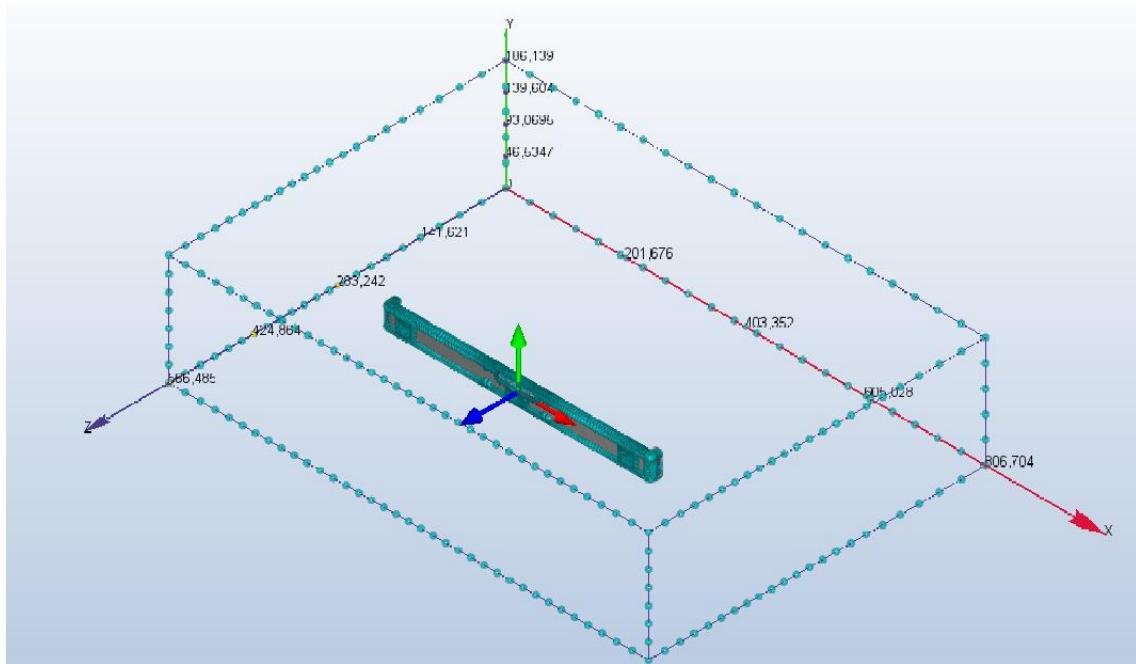


Nota: Las condiciones son similares para ambos parachoques de Kenworth T800

Después de elegir todas estas condiciones, como se ve en la figura 62 se procede a realizar el mallado, el cual será automático, esto para que cada nodo pueda identificar todo el parachoques y realizar una simulación completa.

**Figura 62**

*Mallado automático del parachoques*



*Nota: Puede llegar el caso en donde el mallado se realice correctamente, pero si el análisis detecta una falla en la pieza realizada, la simulación no se procederá a realizar*

Las paredes de la malla quedarían como se encuentra establecido en la tabla 8, y aplicarían para ambos modelos de parachoques

**Tabla 8**

*Valores de las paredes de la simulación*

Pared	Condiciones de Borde	Valores
Pared Frontal	Velocidad	80 km/h
Pared Posterior	Presión	0 Pa
Paredes laterales	Simetría de Deslizamiento	
Pared superior	Simetría de Deslizamiento	

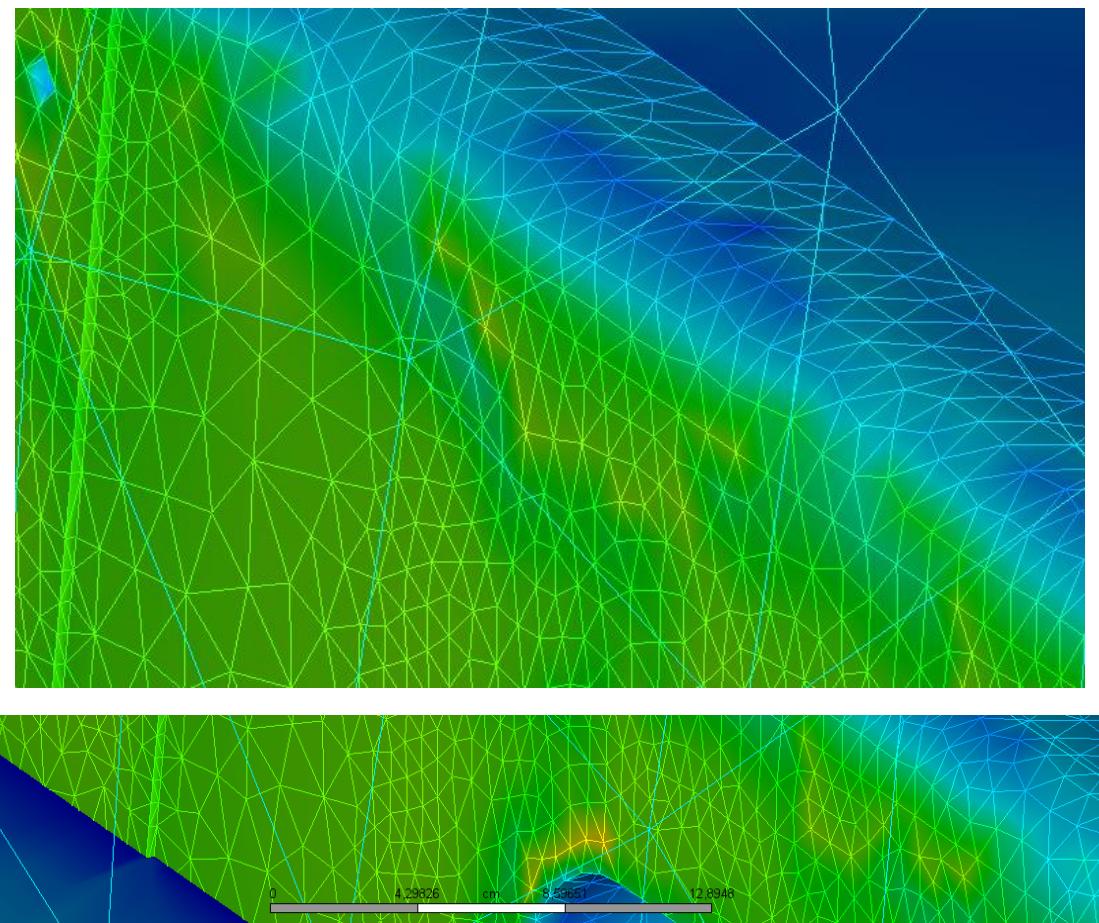
Ya hecho el mallado y el análisis, el programa Autodesk CFD procederá a mostrarnos los resultados que hemos llegado a escoger. En las siguientes figuras se podrá observar el resultado de los análisis de velocidad y presión estática de los dos parachoques.

Además, una tabla que recorre 300 iteraciones o pasos mostrando las variaciones que va obteniendo con el paso de cada uno, esto es mostrado en un gráfico de convergencia.

Cabe recalcar que la generación del mallado es para poder presenciar a detalle los efectos que llega a ocurrir en el parachoques, para poder calcular apropiadamente y detalladamente los resultados que nos brinde el Autodesk CFD, como se logra observar en las figuras 65-66.

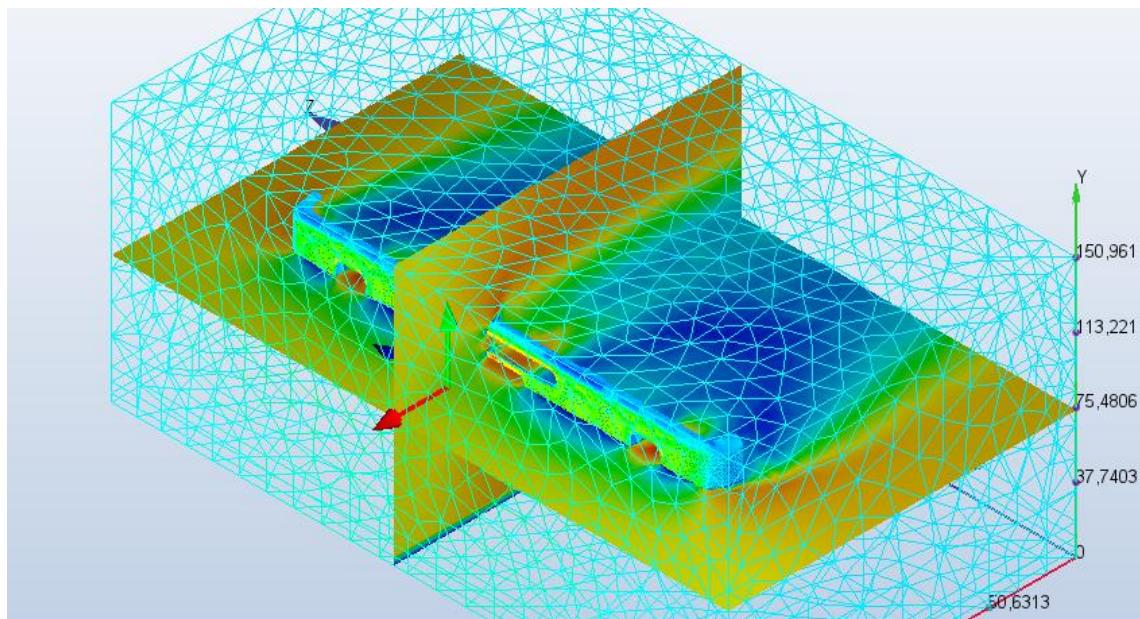
### **Figura 63**

*Detalle de capas del mallado en el parachoques*



**Figura 64**

*Detalle del mallado alrededor del túnel de aire*



## Capítulo IV

### Análisis e Interpretación de Resultados

#### **4.1. Análisis de Diseño**

La generación del mallado fue necesaria para poder obtener de manera detallada, tanto en el Autodesk CFD cómo reacciona el parachoques a la simulación mediante un túnel de aire con una velocidad de 80 km/h, en donde podremos observar mediante un gráfico , y en el Inventor Professional se realizó el análisis de tensión, usando una fuerza de 200 N, para poder ver la reacción de los dos parachoques frente a una misma fuerza.

El motivo para el diseño de un nuevo parachoques delantero para el tractocamión Kenworth T800, es debido a que los materiales del modelo original sobre todo los laterales ya que están compuestos de plástico reforzado con fibra de vidrio, tomando en cuenta que son veinticinco tractocamiones de este modelo con los que cuenta la empresa y a los terrenos que circulan llegan a dañarse con frecuencia, provocando que cada tiempo se tenga que invertir, como se observa en la tabla 9, tomando en cuenta , la única parte que no llega a afectarse en demasía es el parachoques central ya que está compuesto por acero inoxidable. Ahora los gastos que se realizaban para la reparación eran de dos a tres veces por mes.

**Tabla 9**

*Valores de gastos en materiales de reparación*

Materiales	Cantidad	Valor	Valor Total
Resina Poliéster	3	\$3 <sup>47</sup>	\$10 <sup>41</sup>
Fibra de Vidrio 450 g/m <sup>2</sup>	10	\$2 <sup>60</sup>	\$26 <sup>00</sup>
Pintura Anticorrosiva Galón	1	\$22 <sup>00</sup>	\$22 <sup>00</sup>
Masilla Plástica con catalizador - Galón	1	\$21 <sup>69</sup>	\$21 <sup>69</sup>
		<b>Total</b>	<b>\$80<sup>10</sup></b>

Por eso en el nuevo diseño se decidió hacer un solo cuerpo unificado, evitando curvas que debiliten el material, u obstruyan la circulación de aire, además con la finalidad de que posea mayor resistencia a los impactos que los tractocamiones tengan en su viaje, logrando mediante la simulación, obtener datos donde la fibra de carbono tiene mejores resultados que los materiales originales del parachoques. En la figura 65 se aprecian los dos modelos de parachoques que se usarán para la comparación de resultados.

### **Figura 65**

*Modelos de parachoques para la simulación*



Nota: El parachoques superior es el modelo original del tractocamión Kenworth T800, el parachoques inferior es el modelo personalizado para realizar la comparativa respectiva.

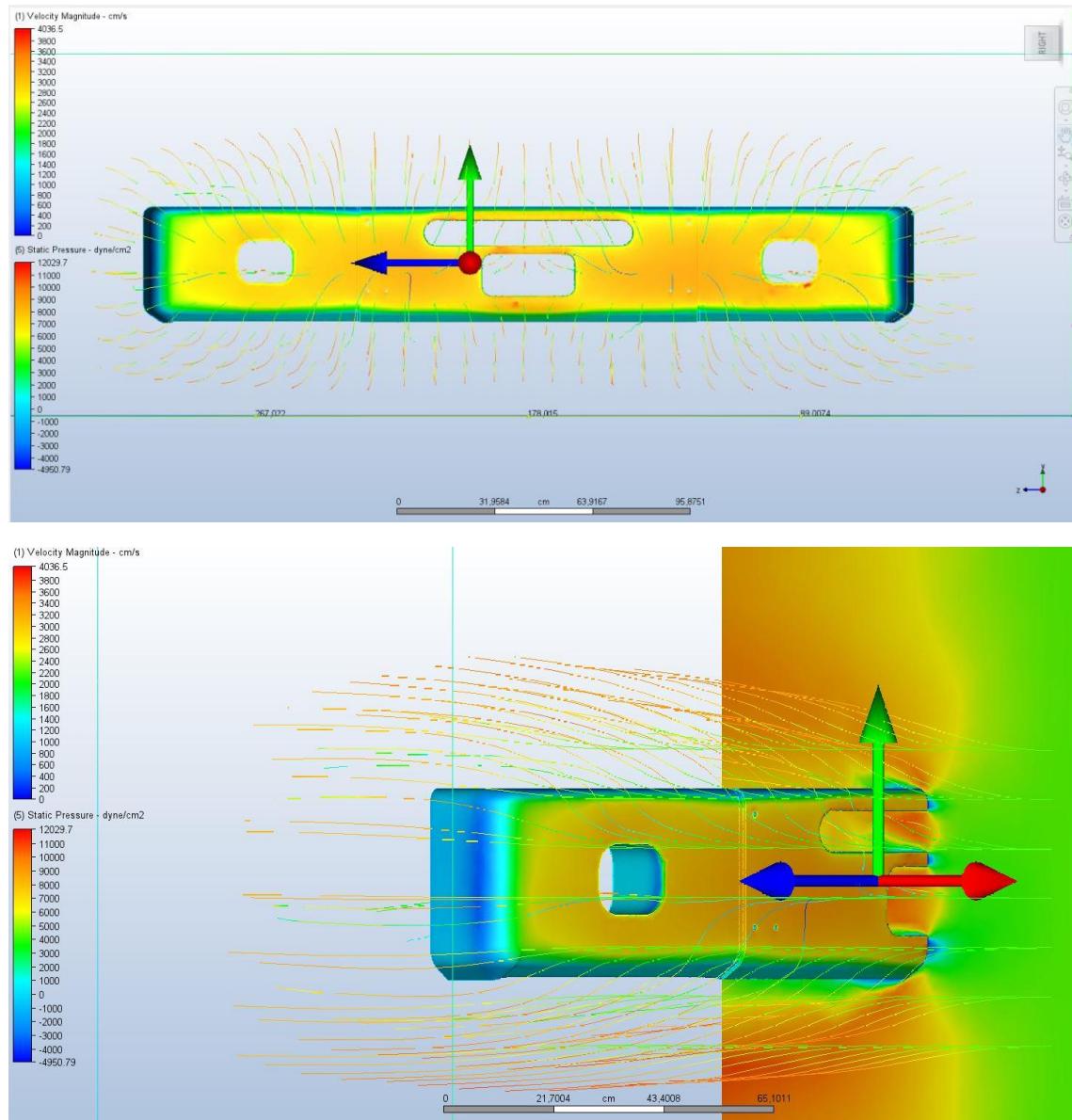
### **4.2.Pruebas en el sistema**

En la figura 66, una vez realizada la simulación se presenta en el parachoques original, en donde podemos ver mediante la opción de Presión Estática, y a la izquierda superior de la imagen se visualiza con parámetros las zonas que impacta el aire, por una velocidad establecida de 80 km/h.

En el cuadro que se puede observar en la figura 67 se puede observar los valores de presión estática, y por medio de las líneas de fluido que recorren el parachoques es la velocidad que llegan a alcanzar, para un mejor detalle en la tabla 10 apreciamos los datos otorgados por el simulador Autodesk CFD.

**Figura 66**

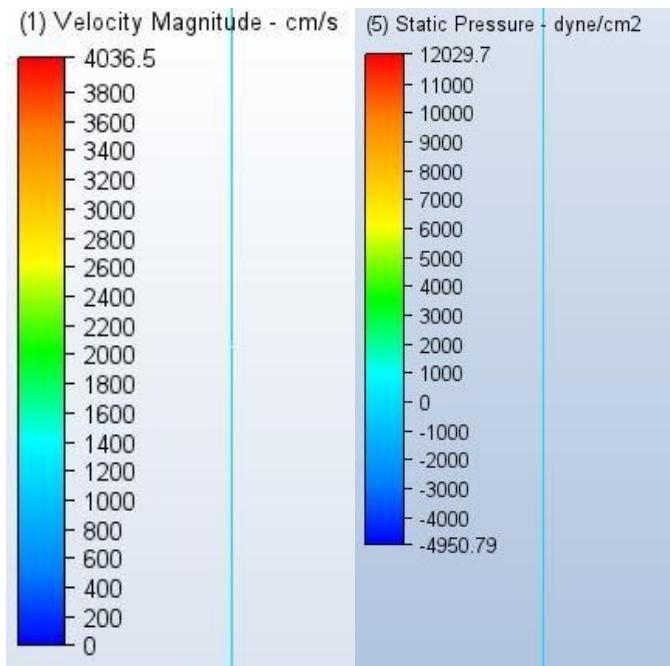
*Presión estática del parachoques original*



Nota: Se puede observar las líneas de recorrido de velocidad como pueden circular a través del parachoques

**Figura 67**

*Valores de magnitud de velocidad y presión estática de parachoques original*



Nota: Los valores presentados en la magnitud de velocidad se encuentran en cm/s, transformándolo sería a km/h; la medida de presión estática dyn/cm<sup>2</sup> convirtiendo la medida sería a Pascal.

**Tabla 10**

*Resultados de la velocidad y presión estática del parachoques original*

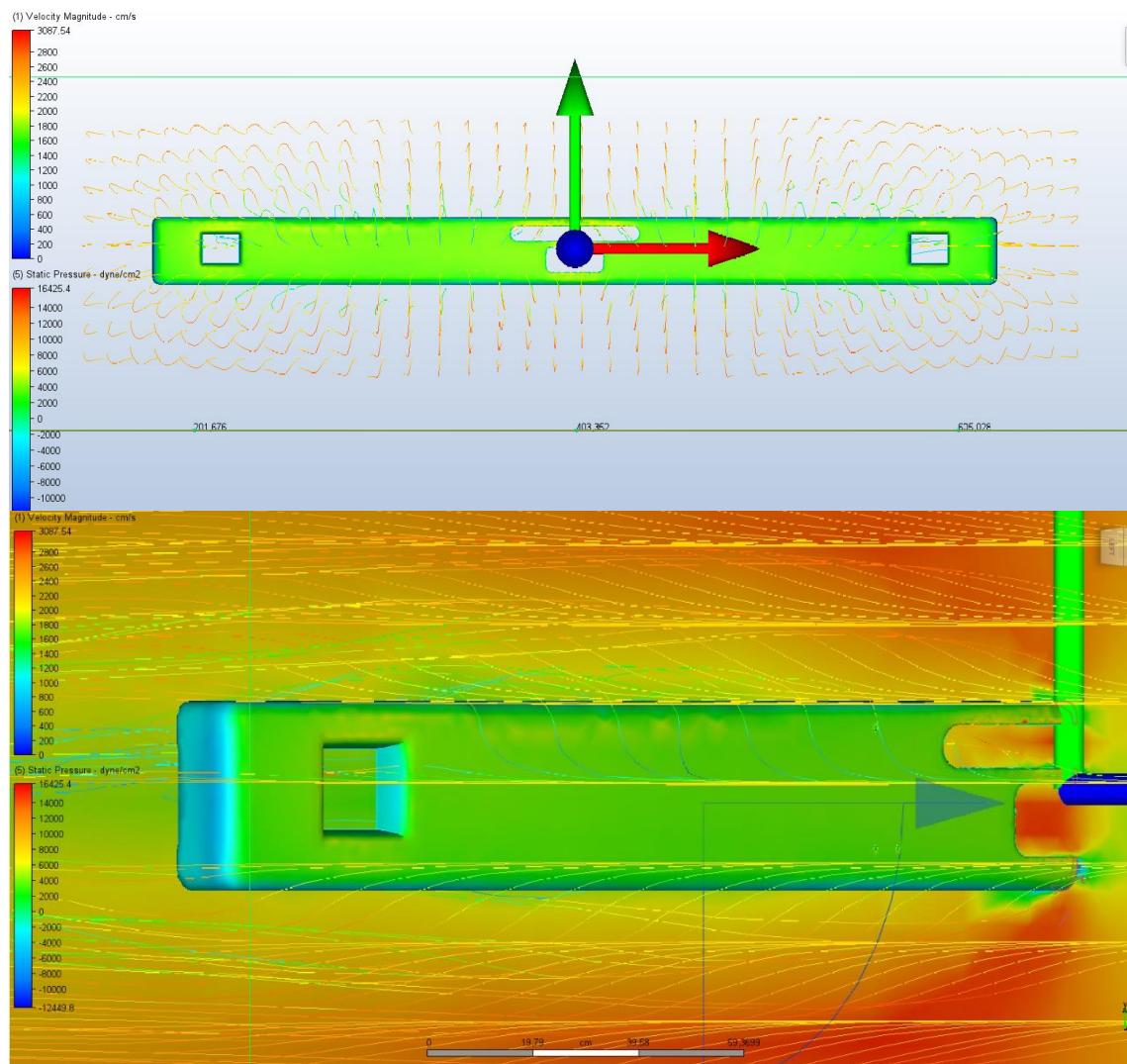
Iteraciones	Magnitud de Velocidad	Presión Estática
	km/h	Pascal (Pa)
0	0	0
50	64.8 – 72	50
100	79.2 – 93.6	200 – 300
150	93.6 – 104.4	300 – 340
200	104.4 – 111.6	340 – 400
250	111.6 – 122.4	400 – 520
300	122.4 – 136.8	520 – 750

Nota: A medida que se iban realizando las iteraciones del 1 al 300, los valores iban variando según los datos ya establecidos en las paredes de simulación

Con el parachoques personalizado, el cual está compuesto por fibra de carbono, una vez realizada las simulaciones por el CFD, pudimos obtener los valores de la magnitud de velocidad y la presión estática. Donde podemos observar en la figura 68 el estado de impacto que posee el parachoques, junto con la tabla de valores, que servirá de guía para indicar donde se ejecuta la presión, y mediante las líneas de fluido determinaremos el impacto del aire frente al parachoques, como será en la figura 69, de igual manera en la tabla 11 presenciaremos los cambios durante las iteraciones.

**Figura 68**

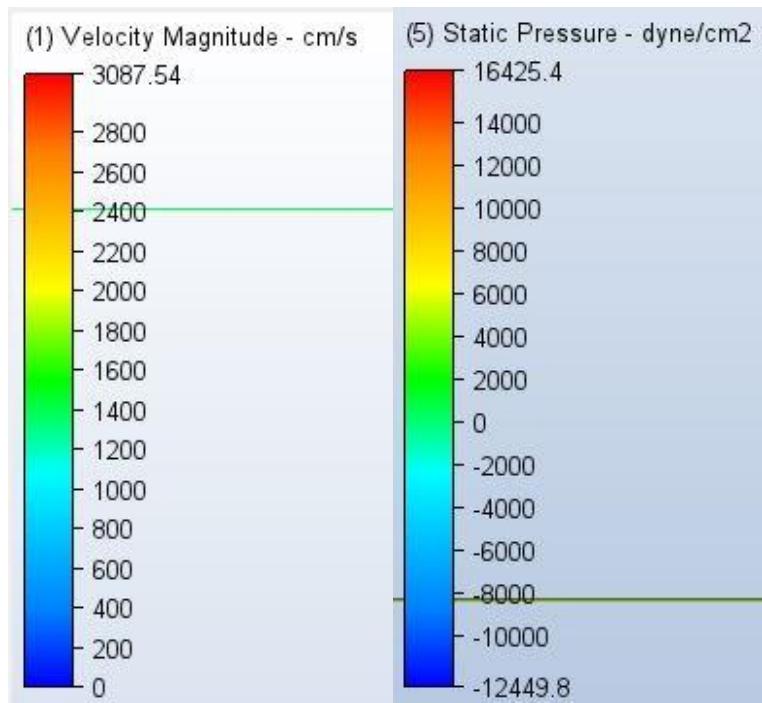
*Presión estática en el parachoques personalizado*



Nota: El parachoques personalizado al someterse a la misma velocidad, no alcanzo estándares altos de presión estática debido a su composición y materiales

**Figura 69**

*Valores de magnitud de velocidad y presión estática de parachoques personalizado*



Nota: Los valores al igual que los gráficos anteriores se reemplazarán para los datos adecuados

**Tabla 11**

*Resultados de la velocidad y presión estática del parachoques personalizado*

Iteraciones	Magnitud de Velocidad	Presión Estática
	km/h	Pascal (Pa)
0	0	0
50	72 – 79.2	50
100	72 – 79.2	100 – 200
150	79.2 - 86.4	200 – 300
200	86.4 - 100.8	300 – 400
250	100.8 – 111.15	400 – 480
300	111.15 – 70	400 – 480

Nota: Los valores aquí llegan a su límite, según los parámetros obtenidos por Autodesk CFD

Los resultados brindados en la simulación de estos dos resultados globales, permiten identificar que parachoques brinda los mejores beneficios con respecto a la magnitud de velocidad y presión estática. Mediante la tabla 12 podremos comparar los resultados entre los dos diseños.

**Tabla 12**

*Comparación de valores de velocidad y presión estática*

Iteraciones	Parachoques Original		Parachoques Personalizado	
	Magnitud de Velocidad	Presión Estática	Magnitud de Velocidad	Presión Estática
	Km/h	Pa	Km/h	Pa
0	0	0	0	0
150	98.25	320	82.57	250
300	128.55	635	90.68	440

Nota: Comparación de valores del parachoques original y parachoques personalizado

#### 4.3. Resultados Obtenidos

Con los gráficos de convergencia que se realiza en Autodesk CFD presenciamos la variación de los pasos o iteraciones desde el 1 hasta 300, en donde comparativamente se ve la diferencia entre cada parachoques.

Este gráfico de convergencia se compone de:

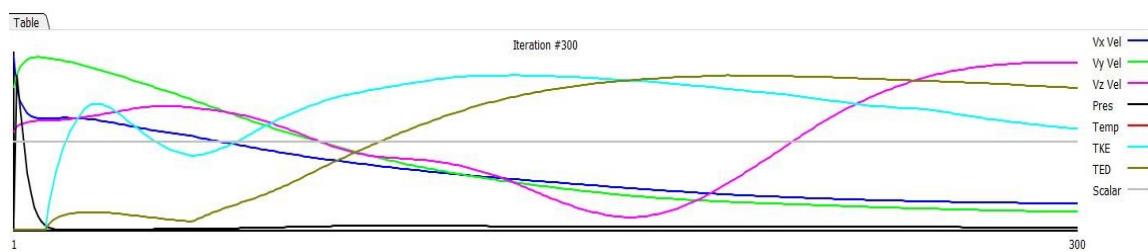
- Vx: Velocidad X
- Vz: Velocidad Z
- Vy: Velocidad Y
- Pres: Presión
- Temp: Temperatura
- TKE: Energía Cinética Turbulenta

- TED: Disipación de Energía Turbulenta
- Scalar: Escala

En las figuras 70 y 71 podremos observar una comparativa de los gráficos obtenidos entre cada uno de los parachoques, con todos los detalles que se nombró anteriormente.

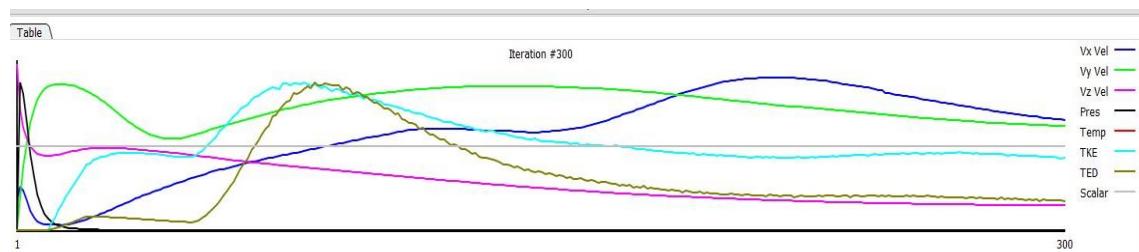
**Figura 70**

*Tabla de Convergencia del parachoques Kenworth T800 original*



**Figura 71**

*Tabla de Convergencia del parachoques Kenworth T800 personalizado*



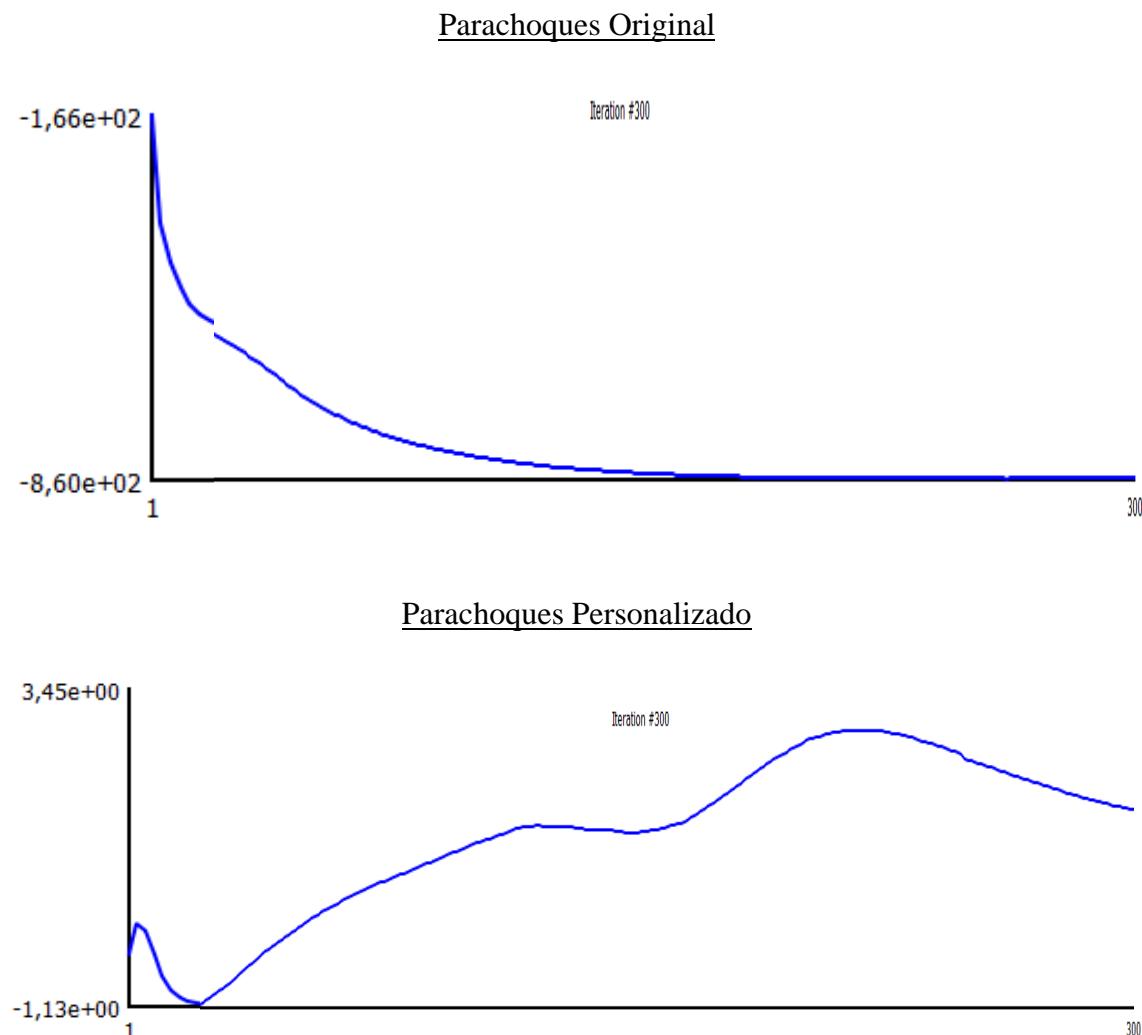
Nota: En estos dos gráficos se muestra todos los resultados que posee el simulador, mostrando sus diferentes curvas que poseen a lo largo del trayecto de iteraciones o pasos.

En las siguientes figuras se mostrarán a detalle cada uno de los gráficos que nos brinda el simulador una vez finalizado las iteraciones o pasos.

En la figura 72 podremos observar la tabla de convergencia con respecto a la velocidad que ocurre en Vx, con ambos parachoques.

**Figura 72**

*Gráfico de Convergencia de Velocidad Vx de ambos parachoques*



Con respecto al gráfico del parachoques original se puede ver como la curva va en descendiendo con el paso de las iteraciones, con el parachoques personalizado la curva es todo lo contrario al original, aumentando con el proceso y manteniéndose por encima de la media.

En la tabla 13 se mostrará la comparativa entre ambos parachoques con respecto a la curva de Vx, en la notación científica que son los valores que obtenemos de CFD, realizando la respectiva conversión de medidas más comunes.

**Tabla 13**

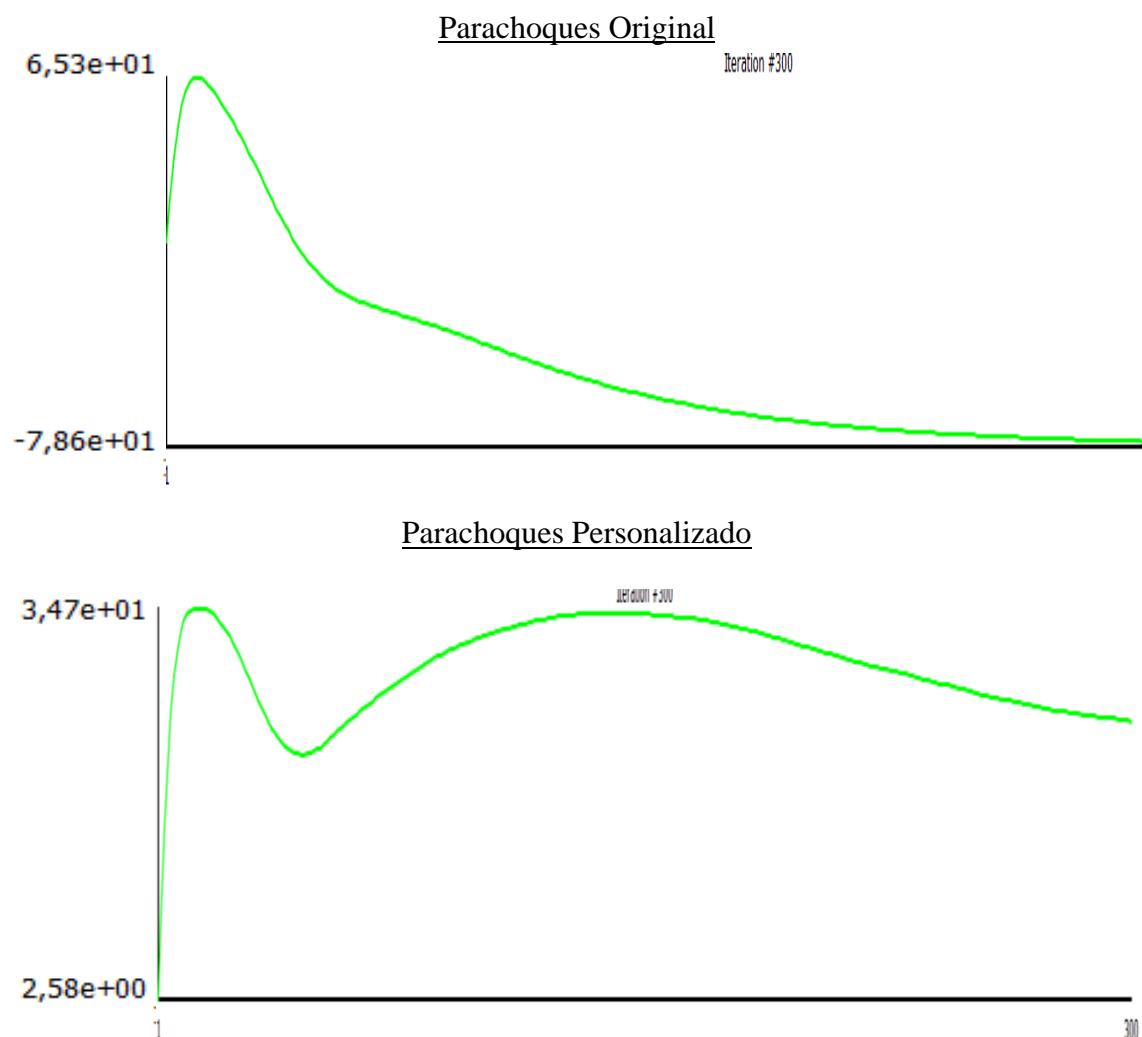
*Comparativa de la convergencia Vx entre parachoques*

Iteraciones	Parachoques Original		Parachoques Personalizado	
	Notación Científica	Notación Standard	Notación Científica	Notación Standard
1	$-1,6646e + 02 \text{ cm/s}$	$-1,6646 \text{ m/s}$	$-3,9215e - 01 \text{ cm/s}$	$-0,039 \text{ m/s}$
300	$-8,6030e + 02 \text{ cm/s}$	$-8,603 \text{ m/s}$	$2,1411e + 00 \text{ cm/s}$	$0,021 \text{ m/s}$

Con la velocidad Vy, podremos observar en la figura 73, las diferencias en el gráfico de convergencia, donde llega a suceder el mismo caso, la curva del parachoques personalizado aumenta la velocidad, mientras que el diseño original, baja drásticamente sus parámetros.

**Figura 73**

*Comparación de gráfico de convergencia de Velocidad Vy de ambos parachoques*



Como se observa es el mismo caso que ocurre con la velocidad Vx, demostrando que el segundo modelo posee mejores estadísticas que el original, como se podrá apreciar en la tabla 14 los resultados.

**Tabla 14**

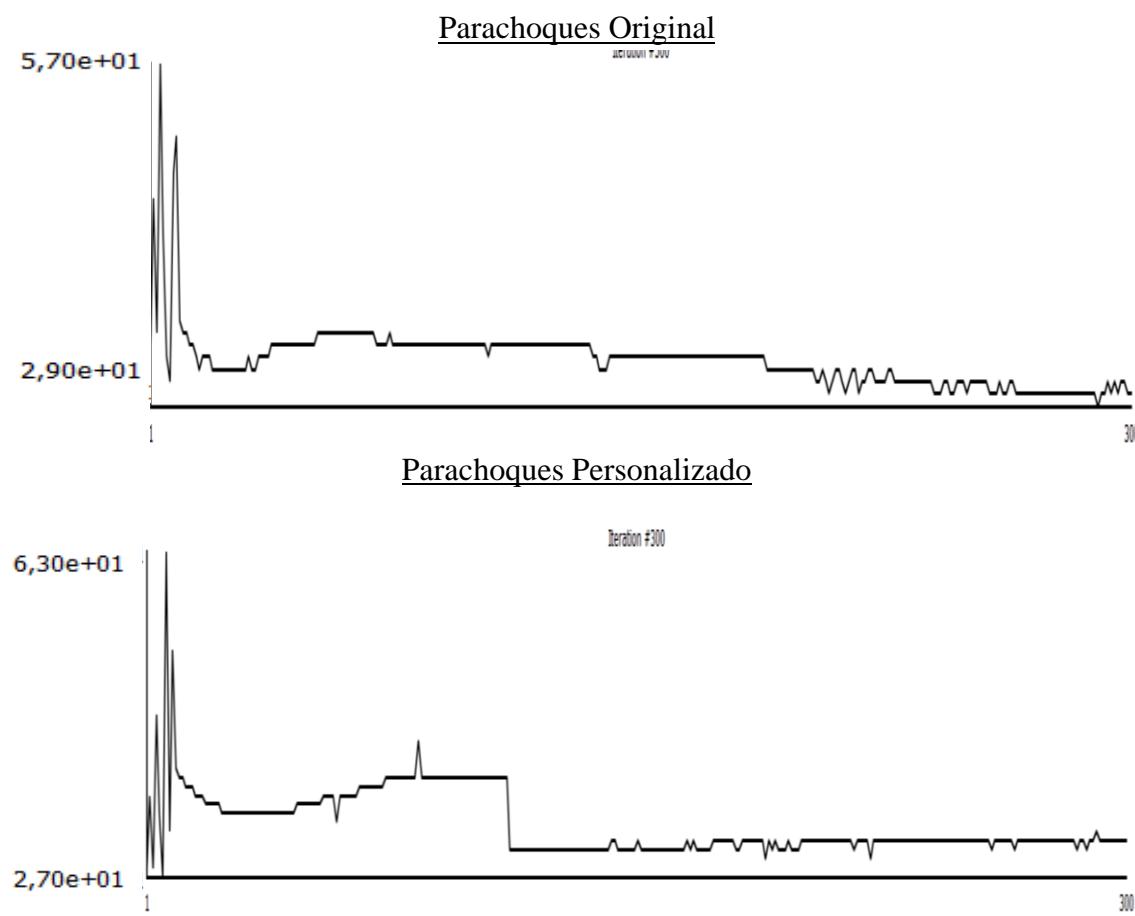
*Comparativa de la convergencia Vx entre parachoques*

Iteraciones	Parachoques Original		Parachoques Personalizado	
	Notación Científica	Notación Standard	Notación Científica	Notación Standard
	1 $9,1591e - 01 \text{ cm/s}$	0.0091 m/s	$2.5750e + 00 \text{ cm/s}$	0.025 m/s
300	$-7,8593e + 01 \text{ cm/s}$	-0.785 m/s	$2.5319e + 01 \text{ cm/s}$	0.253 m/s

La presión estática es casi similar en ambos casos, como se puede observar en la figura 74, pero de igual manera que al resto de gráficos los valores resultan variar, en donde se podrá observar los valores de mejor manera en la tabla 15.

**Figura 74**

*Comparación de gráfico de convergencia de Presión Estática de ambos parachoques*



**Tabla 15**

*Comparativa de la convergencia Presión Estática entre parachoques*

Iteraciones	Parachoques Original		Parachoques Personalizado	
	Notación Científica	Notación Standard	Notación Científica	Notación Standard
1	$3,4000e + 01 \text{ dyn/cm}^2$	$3,4 \text{ N/m}^2$	$2,8000e + 01 \text{ dyn/cm}^2$	$2,8 \text{ N/m}^2$
300	$3,0000e + 01 \text{ dyn/cm}^2$	$3 \text{ N/m}^2$	$3,1000e + 01 \text{ dyn/cm}^2$	$3,1 \text{ N/m}^2$

Los ajustes que se realizaron para la simulación de los parachoques fueron las siguientes:

### **1. Material:**

- a. Túnel de Viento compuesto por Aire
- b. Parachoques Personalizado compuesto por Poliestireno
- c. Parachoques Original compuesto por Metal y Fibra de Vidrio

### **2. Condiciones de Borde:**

- a. Entrada: Velocidad medida en km/h, máxima velocidad de 150
- b. Salida: Presión de salida con un valor de 0%
- c. Laterales: Simetría de deslizamiento
- d. Superior: Simetría de deslizamiento

### **3. Mallado:**

- a. Mallado Automático

### **4. Simulación:**

- a. Calcular valores de velocidad
- b. Calcular valores de turbulencia
- c. Calcular valores de presión estática

Una vez realizado estos parámetros, de los cuales ya mencionamos, ahora

mediante la sumatoria total se la realiza mediante la herramienta “wall calculator”, los cuales los podremos observar en la tabla 16

**Tabla 16**

*Comparación de resultados brindados por Autodesk CFD*

	Parachoques Original	Parachoques Personalizado
<b>Área Total</b>	$20.38 \text{ m}^2$	$146.46 \text{ m}^2$
<b>Total, FX</b>	1069.26 N	-3.13 N
<b>Total, FY</b>	- 118.71 N	-164.22 N
<b>Total, FZ</b>	- 0.66 N	201.33 N
<b>Centro de Fuerza sobre X</b>	7.57 cm ; -18.42 cm	-11.11 cm ; 274.15 cm
<b>Centro de Fuerza sobre Y</b>	31.12 cm ; -18.13 cm	-0.71 cm ; 97.69 cm
<b>Centro de Fuerza sobre Z</b>	-55.50 cm ; -12.92 cm	16.8 cm ; 47.47 cm

En los análisis de tensión se aplicó una fuerza de 200 N en ambos parachoques para poder comparar los resultados y ver que material presentaba las mejores cualidades al momento de ser sometida a esta fuerza.

Los datos fueron obtenidos mediante el generador de informe de análisis de tensión que posee el programa Inventor Professional

**Tabla 17**

*Comparativa de las estadísticas de los materiales que componen a los parachoques*

Detalles	Parachoques Original			Parachoques Personalizado
	Materiales	Acero Inoxidable	Fibra de Vidrio	Fibra de Carbono
Nombre de la pieza	Parachoques Central	Parachoques laterales	Parachoques LH/ RH	Parachoques Personalizado
Densidad de la masa	$8 \text{ g/cm}^3$	$1,75 \text{ g/cm}^3$	$1,43 \text{ g/cm}^3$	
Límite de elasticidad	$250 \text{ MPa}$	$58,1 \text{ MPa}$	$300 \text{ MPa}$	
Resistencia máxima a tracción	$540 \text{ MPa}$	$194 \text{ MPa}$	$577 \text{ MPa}$	

Módulo de Young	$193 \text{ GPa}$	$13,9 \text{ GPa}$	$133 \text{ GPa}$
Coeficiente de Poisson	$0,3 \text{ su}$	$0,39 \text{ su}$	$0,39 \text{ su}$
Módulo Cortante	$74,2308 \text{ GPa}$	$5 \text{ GPa}$	$47,8717 \text{ GPa}$

El programa también presenta un resumen total de resultados donde apreciaremos las tensiones, los desplazamientos y presiones de contacto. Esto lo podremos apreciar en la tabla 18.

**Tabla 18**

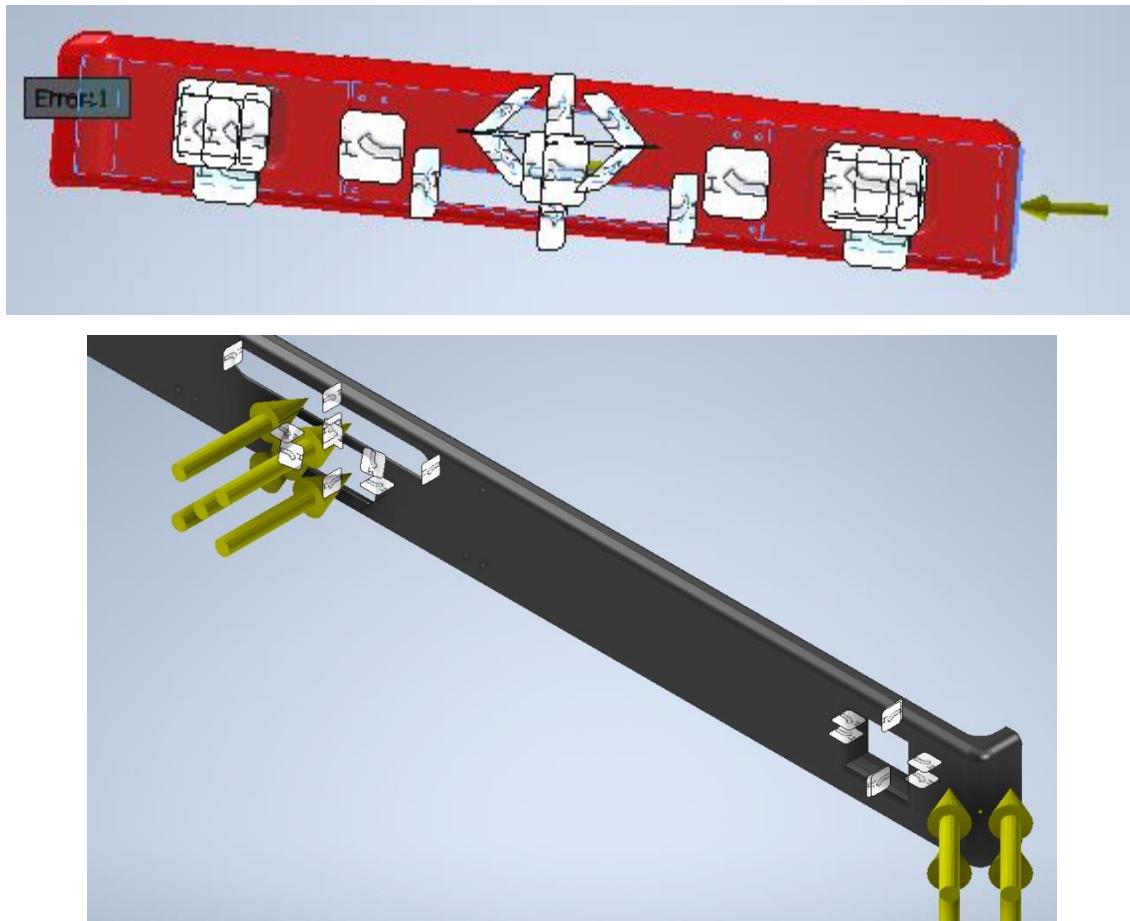
*Comparación de resultados del análisis de tensión de ambos parachoques*

Nombre	Parachoques Original		Parachoques Personalizado	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Masa	55,51 kg		29,92 kg	
Tensión de Von Mises	0,0849892 Pa	82436 Pa	0,0618742 Pa	5417,92 Pa
Primera tensión principal	24593,5 MPa	90742,8 MPa	2909,97 MPa	7192,72 MPa
Tercera tensión principal	100957 MPa	20350,1 MPa	8214,71 MPa	2181,93 MPa
Coeficiente de seguridad	15 su	15 su	15 su	15 su
Tensión XX	45834,1 Pa	34245,5 Pa	7558,14 Pa	6099,78 Pa
Tensión XY	8569,28 Pa	14208,8 Pa	1599,46 Pa	1604,04 Pa
Tensión XZ	28181 Pa	23426,7 Pa	1829,39 Pa	1765,94 Pa
Tensión YY	41812,2 Pa	43960,8 Pa	4141,58 Pa	3827,69 Pa
Tensión YZ	21224,8 Pa	15776 Pa	2261,37 Pa	1894,63 Pa
Tensión ZZ	93100 Pa	80480,9 Pa	3452,23 Pa	3432,41 Pa
Deformación equivalente	0,00384964 su	0,000559218 su	0,00466673 su	0,00388835 su
Primera deformación principal	0,00701454 su	0,000477099 su	0,00804322 su	0,00384707 su
Tercera deformación principal	0,00620687 su	0,00600836 su	0,00414225 su	0,00136749 su

Cabe mencionar que las restricciones que se aplicaron en los parachoques, se lo realizan por medio de la simulación en el análisis de tensión, como se podrá observar en la figura 75.

**Figura 75**

*Restricciones de fijación en los parachoques*



Nota: Las restricciones nos permiten fijar un elemento o pieza al momento de realizar el análisis de tensión en el programa Inventor Professional, para que la tensión no desigure la pieza y se pueda apreciar la simulación. Las flechas de color amarillo representan los puntos donde se está aplicando la fuerza.

## Conclusiones

- Se pudo perfeccionar la extrusión inferior que poseía el parachoques debido a que era una parte que ocasionaba contrapeso a este, en el diseñado se hizo una saliente en L con un empalme de 50 mm, recordemos que está extrusión inferior se lo hace para proteger de impactos por terreno al tractocamión provocando daños continuos y el gasto en reparaciones, también se modificó el diseño de los faros neblineros debido a que su extrusión era disímil, en el parachoques personalizado se cambió siendo ésta semejante.
- Para obtener la magnitud de velocidad y la presión estática, los valores fueron promediados entre los aproximados que se encontraban en la tabla 10 y 11, en esta última tabla 12 se puede observar las comparaciones entre ambos modelos de parachoques en donde podemos concluir que la magnitud de velocidad en el parachoques original aumenta drásticamente sus valores debido al impacto que tiene contra el parachoques, y la presión estática llega a niveles altos como 635 Pa, sometiéndolo a gran presión y provocando más vibraciones en este. Con respecto al parachoques personalizado los parámetros se encuentran casi constantes donde la magnitud de velocidad es acorde a la que se está usando en la simulación y la presión estática del parachoques de 440 Pa, se mantiene en estándares adecuados y excelentes, evitando que sufra deformaciones, o sea sometida a esfuerzos extremos. Como resultado final en base a la tabla 17, podemos evidenciar como, un polímero reforzado con fibra de carbono puede llegar a superar fácilmente en los aspectos de límite de elasticidad con un valor de 300 MPa, en comparación a la fibra de vidrio que llega a 58,1 MPa y al acero inoxidable con 540 MPa, y la resistencia máxima de tracción, con 577 MPa, frente a los 194 MPa de la fibra de vidrio y 540 del acero inoxidable, siendo esto algo vital en un tractocamión debido a los esfuerzos y vibraciones a los que este se encuentra sometido continuamente.

- En el resumen de resultados de la tabla 18 podemos observar como el peso del parachoques con polímero reforzado con fibra de carbono tiene una diferencia de 25,29 kg. La tensión de Von Mises, que es el indicado de la energía de distorsión de un elemento, la comparativa tomando el punto máximo de esta tensión donde los parámetros entre el parachoques original cuyo valor es 82436 Pa y el parachoques personalizado es 5417,92, dándonos una diferencia de 77018,08 Pa, esto indica que los materiales de acero inoxidable con la fibra de vidrio de los parachoques laterales son más susceptibles a sufrir distorsiones mediante la fuerza que se le someta.

## **Recomendaciones**

Para que el trabajo se facilite en el programa Inventor Professional, se debe aprender cada comando o herramienta que tengamos presente, de esa manera nuestro trabajo no se complicará.

Si el componente se lo tiene que ensamblar hay que asegurarse que no existan piezas donde se intercepten, ya que al momento de realizar el análisis previo a la simulación en el programa Autodesk CFD puede lanzarnos errores.

Eliminar los objetos pequeños y las medidas que aparecen en la ventana de herramientas de geometría, esto porque, al momento de que el mallado se produzca pueden llegar a saltarse esta parte y sería un mallado incompleto impidiendo que la simulación se realice.

Al momento de hacer el mallado automático, en opciones debemos redefinir mallas para que se verifique de esta manera no se esté saltando ningún nodo.

Las simulaciones en este tipo de programas requerirán que el dispositivo donde se esté realizando los trabajos tenga altos estándares de programación o una buena tarjeta gráfica ya que la laptop o computadora se puede llegar a detener, provocando que se pierda todo el trabajo realizado

## Bibliografía

- Aguilar, J. M. (1 de Febrero de 2018). *La fibra de carbono en las carrocerías modernas.* Obtenido de Autobody Magazine: <https://www.autobodymagazine.com.mx/2018/02/01/la-fibra-de-carbono1/>
- Ajayan, P., Schadler, L., & Braun, P. (2003). *Nanocomposite Science and Technology.* Japón: WILEY- VCH Verlag GmbH & Co.KGaA.
- Alvaro, T. T. (2016). *Análisis de la influencia aerodinámica de la forma estructural de los camiones mediante técnicas CFD.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Antonio, M. (2007). *Materiales Compuestos.* Barcelona: Reverté S.A.
- Aparicio, F., Vera, C., & Garcia, A. (1991). *Teoria de Vehiculos y Automoviles.* Madrid: Seccion de publicaciones de la ETSII.
- AUTODESK. (11 de Noviembre de 2019). *Acerca del análisis de tensión.* Obtenido de Autodesk: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Inventor-Help/files/GUID-61F01A5D-7E54-45A1-9698-7BB11F0AEE94-htm.html>
- AUTODESK. (3 de Abril de 2019). *AUTODESK.* Obtenido de Acerca de las tolerancias geometricas: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/autocad/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/AutoCAD-Core/files/GUID-E5691618-A71F-4BF4-81EC-859B22AE6BF4-htm.html>
- AUTODESK. (22 de enero de 2019). *Inventor Professional CAD.* Obtenido de Autodesk: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview?referrer=%2Fproducts%2Finventor%2Foverview&plc=INVPROSA&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>
- AUTODESK. (9 de Enero de 2021). *Análisis de Tolerancia.* Obtenido de AUTODESK: [http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2020/ESP/?guid=Inventor\\_TOLAddition\\_inv\\_tol\\_analysis\\_wkflws\\_html](http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2020/ESP/?guid=Inventor_TOLAddition_inv_tol_analysis_wkflws_html)
- Baillie, C. (2004). *Green Composites. Polymer Composites and the Environment.* Estados Unidos: Woodhead Publishing Limited.
- Balseca, A. (2009). *Obtención de compuestos de polietileno reforzado con fibra de abacá mediante moldeo por compresión.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Bastioli, C. (2005). *Handbook of Biodegradable Polymers.* Reino Unido: Rapra

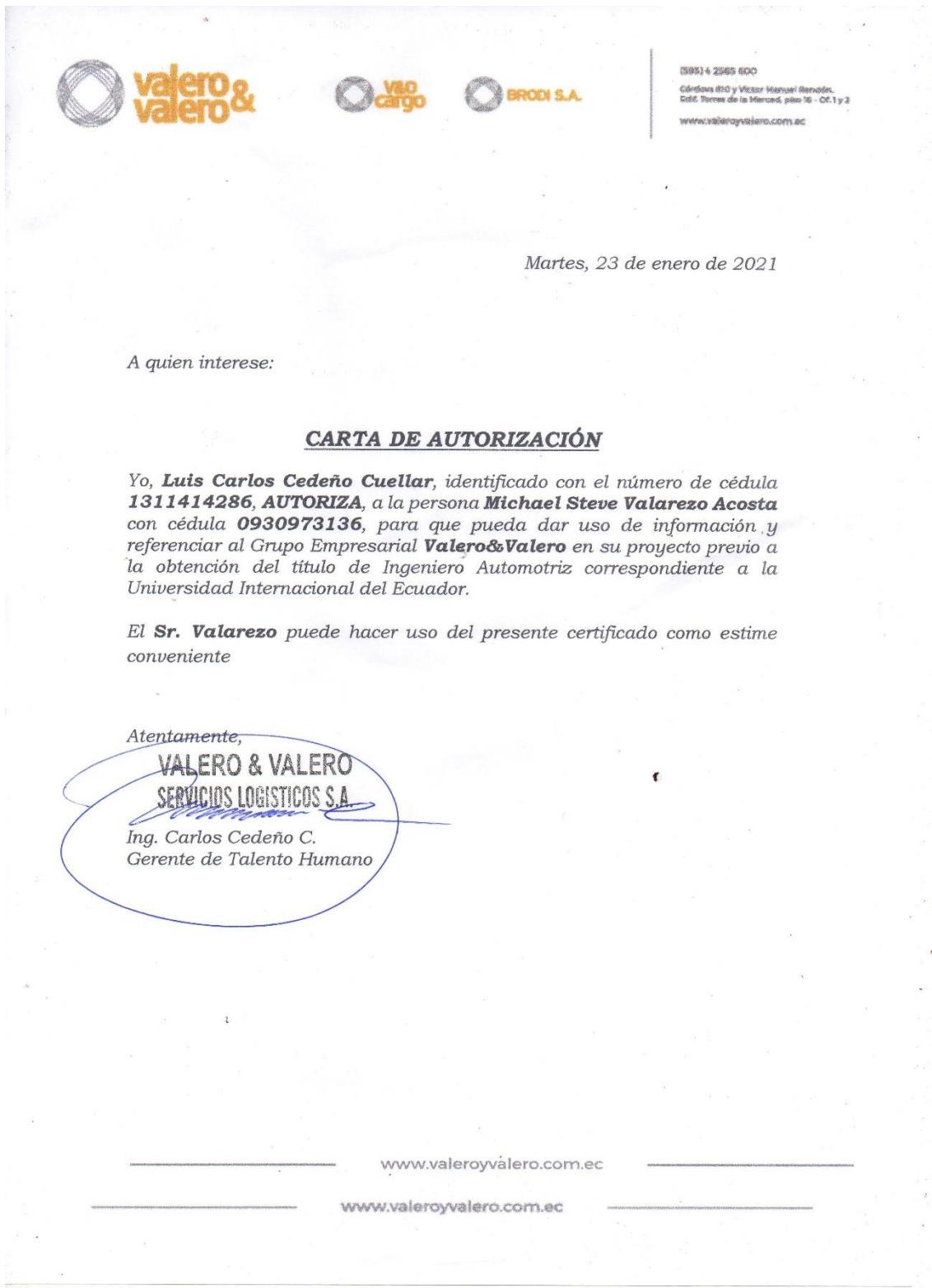
- Technology Limited.
- Cabrera, C. (2016). *Análisis de las curvas de desempeño de una viga reforzada con fibras de carbono y fibras de vidrio*. Ambato: UTA.
- Castro, M. (28 de FEBRERO de 2014). *INPENOR*. Obtenido de LA EVOLUCION DEL PARAGOLPES: <http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>
- Conner, M. (Mayo de 2015). *Aerodynamic Truck Studies*. Obtenido de NASA: <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-100-DFRC.html>
- Darwin, M., & David, Z. (2016). *Diseño y construccion de parachoques delantero y posterior de un vehículo Chevrolet OPTRA año 2008 a partir de fibra natural de la planta de Abacá*. Latacunga: ESPE.
- Escobar, M. (17 de Julio de 2015). *Materiales compuestos del automóvil*. Obtenido de Nanotubo: <http://www.nanotubo.com.ar/nota.php?id=10>
- ESSS, E. (8 de Agosto de 2014). *Ingeniería Asistida por computadora: ¿qué es y cómo funciona?* Obtenido de Blog ESSS: <https://www.esss.co/es/blog/ingenieria-asistida-por-computadora-que-es-y-como-funciona/>
- Fraija, B., & Iskandar. (2006). *Estudio de la aerodinámica en los vehículos*. Caribe: Porspectiva .
- Fraija, B. (2006). Estudio de la aerodinamica en los vehiculos. *Prospectiva Una nueva vision para la ingenieria*, 66-70.
- Guerrero, J. D. (2011). *Nuevos Materiales Estructurales e Industriales*. Quito: Victor Guerrero .
- Kenworth. (2012). T800. *KENWORTH: THE WORLD'S BEST*, 1-28.
- Kenworth. (2013). T800. *Kenworth T800*, 1.
- Mallick, P. (2005). *Fiber - Reinforced Composites: Materials, Manufacturing and Design*. New York: Springer.
- Motor, M. d. (s.f.). *Parachoques de plástico: propósito, limpieza, reparación y más*. Obtenido de Mundo del Motor: <https://www.mundodelmotor.net/parachoques-de-plastico/#:~:text=Los%20fabricantes%20de%20autom%C3%B3viles%20utilizan,combinaci%C3%B3n%20de%20estos%20diferentes%20materiales>.
- MundoCamión. (2015). Consumo y aerodinámica el nuevo reto de Kenworth. *Kenworth: El mito americano 2º Parte*, 1-10.
- MundoCamión. (2015). Kenworth: El mito americano 1º Parte. *Coleccionables Mundo Camión*, 45-61.

- Ortega, P. S. (2018). *Análisis de autopartes de fibra de carbono de geometría simple mediante software*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- PACCAR, K. (15 de Junio de 2019). *Kenworth The World's Best*. Obtenido de About us History: <https://www.kenworth.com/about-us/history/>
- Páez, J. (2007). *Obtención de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión*. Quito: Tesis EPN.
- Perez, M. A. (4 de febrero de 2014). *La fibra de carbono como revolución en la aviación*. Obtenido de BlogThinkBig: <https://blogthinkbig.com/la-fibra-de-carbono-como-revolucion-en-la-aviacion>
- Rios, O. (s.f.). *Suspension de Automoviles de Competicion*. Orlando: CEAC.
- Salazar, S. (2010). *Caracterización de la fibra de ramio (Boehmeria nivea) y estudio del efecto del tiempo de cosecha sobre sus propiedades mecánicas*. Quito: Tesis EPN.
- SAS, E.-B. C. (s.f.). Comparación del sector aeroespacial con el sector automotriz . *Best Choice*. E-Best, Bogotá.
- Serrano, J. (13 de Marzo de 2014). *Walmart Wave Concept, el camión del futuro*. Obtenido de Autopista: [https://www.autopista.es/tecnologia/walmart-wave-concept-el-camion-del-futuro-hibrido-y-con-fibra-de-carbono\\_132484\\_102.html](https://www.autopista.es/tecnologia/walmart-wave-concept-el-camion-del-futuro-hibrido-y-con-fibra-de-carbono_132484_102.html)
- Shop, C. (21 de enero de 2019). *Tejido de fibra de carbono*. Obtenido de Composite Shop: <https://www.compositeshop.de/xoshop/lng/es/fibras/fibras-de-carbono/tejido-de-carbono/tejido-de-fibra-de-carbono-saten/6k-tejido-de-fibra-de-carbono-370-gm-saten.html>
- TF3P. (15 de Diciembre de 2020). *Fibra de carbono Sarga 200g/m<sup>2</sup> 1m de ancho*. Obtenido de TF3P: <https://tf3p.com/tienda/tejidos-para-materiales-compuestos/fibra-de-carbono-twill-sarga-200g-1m-ancho/>
- Thompson, J., & Davies, A. (s.f.). *Advances in Nanoengineering: Electronics, Materials and Assembly*. Inglaterra: Imperial College Press.
- Toapanta, C. O. (2013). *Estudio de los ajustes y tolerancias mecánicas de precisión en los procesos industriales*. Quito: Universidad Central del Ecuador .
- Touzet, H. (15 de Agosto de 2012). *Plaen- Plásticos, Envasados y Afines*. Obtenido de Industria Automotriz: <https://plaen.blogspot.com/2012/08/la-industria-automotriz-busca.html>
- TRÁNSITO, A. N. (2020). *Siniestros en Tránsito, según tipo de vehículo involucrado, por meses*. Guayas: N°13.
- Urán, Z., & Helena, C. (Julio de 2015). *El sistema CAD: una herramienta fundamental*

- en los procesos de diseño.* Buenos Aires: Facultad de Diseño y Comunicación.  
Obtenido de Facultad de Diseño y Comunicación.
- Uribe, C. L. (2009). Fibra de carbono, presente y futuro de un material revolucionario.  
*Metal Actual*, 10-15.
- Walmart. (23 de Marzo de 2014). *Walmart estrena camión futurista.* Obtenido de  
Corporate Walmart:  
<https://corporate.walmart.com/newsroom/2014/03/26/walmart-debuts-futuristic-truck>

## Anexos

### Anexo 1. Carta de autorización de la empresa Valero&Valero



**Anexos 2.** Glosario

- Cx: Coeficiente de penetración aerodinámica
- AHSS: Acero Avanzado de Alta resistencia
- FN: Fibras Naturales
- MPa: Resistencia a la tracción
- GPa: Módulo de elasticidad
- FC: Fibra de Carbono