

Evaluación de los materiales para la fabricación de facias y paneles de puertas y el beneficio de uso de fibras sintéticas como refuerzo

Palma Flores Leonardo Jesús, Ibarra Solís Israel, Gil Cruz Ubaldo

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Guanajuato – Instituto Politécnico Nacional.

Resumen

La presente investigación se realiza con la finalidad de evaluar la aportación de fibras sintéticas usadas a manera de refuerzo en costes de producción y resistencia de componentes automotrices en la carrocería como pueden ser las facias de un vehículo.

Las fibras sintéticas en la actualidad cumplen un papel significativo en la fabricación de componentes automotrices, sin embargo, solo se usan de manera limitada en partes de la carrocería, esto debido a su costo, la presente investigación tiene por objetivo exponer las ventajas del uso fibras sintéticas como refuerzos aplicándolos en ciertas zonas de la estructura del componente.

Inicialmente, para definir qué fibras sintéticas pueden ser viables para su utilización en estos componentes, se debe tomar en cuenta su densidad, costos y facilidad de obtención.

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales reforzados con fibras sintéticas se conocerán mediante la revisión de bibliografías, análisis de laboratorios ya realizados, o investigaciones publicadas similares, así como pruebas mecánicas como, durabilidad y de pruebas destructivas y no destructivas mediante el uso de probetas acorde a la norma ASTM D3039.

Se pretende que la investigación culmine definiendo las características físicas y costos de la implementación de plástico reforzado con diversas fibras sintéticas que cumplan con los requerimientos para su uso en componentes del vehículo.

Abstract

The present research is carried out with the purpose of evaluating the contribution of synthetic fibers used as a reinforcement in production costs and resistance of automotive components in the bodywork such as the front bumper of a vehicle. Synthetic fibers currently play a significant role in the manufacture of automotive components; however, they are only used in a limited way in parts of the body, this due to their cost, the present research aims to expose the advantages of using fibers synthetic as reinforcements applying them in certain areas of the structure of the component. Initially, to define which synthetic fibers may be viable for use in these components, their density, costs and ease of obtaining also is being considered. The physical and mechanical properties of materials reinforced with synthetic fibers will be known by reviewing bibliographies, laboratory analysis already performed, or similar published research, as well as mechanical tests such as durability and destructive and non-destructive tests through the use of test tubes. according to ASTM D3039 standard. It is intended that the research culminate defining the physical characteristics and costs of the implementation of plastic reinforced with various synthetic fibers that meet the requirements for use in vehicle components.

Palabras claves: Fibra sintética, simulación, probetas, carrocerías automotrices.

Keywords: Synthetic fiber, simulation, test tubes, automotive bodies.

I. INTRODUCCION/ANTECEDENTES

Al principio de la fabricación de las carrocerías, el uso de madera y chapa estampada era común en los distintos fabricantes, ya que antiguamente no necesariamente los fabricantes de automóviles manufacturaban sus carrocerías, sino que existían los llamados carroceros, verdaderos especialistas en vestir a los automóviles.

Poco a poco fueron evolucionando las tecnologías y la fabricación de carrocerías empezó a perfeccionarse con el uso de nuevos materiales y diseños aerodinámicos para aprovechar mejor el flujo de aire y ofrecer menos resistencia al mismo. [1]

De este modo fueron evolucionando las carrocerías pasando de maderas a aceros, que era un material más resistente, pero a su vez más pesados, algunos fabricantes de vehículos optaron por utilizar aluminio para la fabricación de vehículos, de ahí la era de los vehículos apodados Flechas de Plata debido al aluminio pulido.

Al principio de la historia del uso de otros materiales se encontró el AC 3000ME el cual en el año de 1979 fue de los primeros vehículos en ser producido con una carrocería de fibra de vidrio, la cual logró que este mismo tuviera un mejor rendimiento, pero este también acusaba excesiva fragilidad en caso de golpes y resistencia a las deformaciones.

De este modo se siguió investigando sobre todo en el mundo de competición automotriz donde ocuparon materiales de otras industrias para la generación de nuevas carrocerías de entre los cuales se destacaron materiales provenientes de la industria aeronáutica como lo fue la fibra de carbono, material el cual ya era considerado más resistente y más ligero, pero uno de sus mayores inconvenientes es su costo, por lo cual el mercado al que se ve limitado son los vehículos de alta gama.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DELIMITACIÓN

El alto peso de las carrocerías y su resistencia suponen una de las características de mayor importancia a nivel de diseño ya que estas características influyen en el rendimiento del vehículo, el uso de polímeros y fibras sintéticas se ha adecuado para su uso en partes no estructurales, pero con costos más elevados o con menores resistencias, es por ello que su uso se ve aun limitado, por lo cual el uso de polímeros reforzados con fibras supone una opción al momento de construir piezas del automotrices siendo estas más ligeras y más resistentes.

En el presente trabajo se determina si las fibras sintéticas pueden mejorar las propiedades de peso y resistencia de componentes automotrices y se definen las propiedades dependiendo de la fibra que se use como refuerzo, realizando pruebas en probetas se definen las diferencias de los materiales y los materiales reforzados en condiciones de tensión, dureza resistencia y conocer si existe una mejoría con respecto a el material no reforzado.

III. ESTADO DE LA TÉCNICA

Si bien en el mercado automotriz existen una gran variedad de materiales usados dependiendo de las necesidades del mercado al que se le ofrezcan, estos cuentan con diferentes características y costos dependiendo del mercado hacia el cual estén enfocados, por ejemplo existes componentes automotrices hechos con plásticos negros provenientes del polipropileno, muchos otros fabricados de láminas de acero, y en algunos casos encontramos a los manufacturados de fibras sintéticas variadas,, cada uno con diferentes características, de costos, estética, durabilidad y resistencia a factores externos.

Cada uno de estos componentes son fabricados por empresas que distribuyen directamente a OEMS o dedicadas al mercado de recambios de componentes. La propuesta del uso de polímeros reforzados con fibras sintéticas supone una mejoría en los aspectos de costos debido a que no se sustituye el uso de plásticos en su totalidad sino se adicionan a estos los que nos entreguen mejores resultados.

IV. CARROCERIA

La carrocería o latonería es la estructura externa de un vehículo. Esta es instalada sobre el chasis a fin de recubrirlo y protegerlo. [x]

A lo largo de la historia la carrocería ha cambiado de forma continua debido a la búsqueda de obtener mejores características entre las que se hayan:

- Velocidad con menos potencia y consumo
- Habitáculos más seguros para los pasajeros
- Estética y aerodinámica

Debido a esto se han desarrollado diferentes tipos de carrocería dependiendo de las necesidades del mercado para cierto tipo de vehículos, estas son: Chasis con carrocería separada, Plataforma con carrocería separada, Carrocería monocasco, Carrocería auto portante.

Carrocería Auto portante:

A día de hoy la carrocería auto portante es la más usada en vehículos comerciales, y se trata de vehículos con componentes soldados los cuales cuentan con elementos desmontables los cuales facilitan su sustitución en caso de una rotura o daño, entre sus elementos externos y desmontables se encuentran: Aletas delanteras, Capós, Facias.

Materiales usados en la fabricación de automóviles

Los materiales usados en la construcción de carrocerías son muy variados, esto debido a las diferentes características que busca cubrir en el mercado dicho vehículo, entre los materiales más comunes para su fabricación son: láminas de acero, lamina de aluminio, Plásticos, Resinas termo estables con fibras.

Los plásticos son materiales sintéticos derivados del petróleo y otras sustancias naturales, su nombre proveniente del latín significa “Capaz de ser moldeado” en su mayoría son excelentes aislantes eléctricos, algunos otros flexibles, aunque débiles, otros resistentes y otros que compartes ambas propiedades de flexibilidad y resistencia.

V. POLIMEROS

Estos están formados grandes agrupaciones de moléculas repetidas llamados monómeros, que en su mayoría contienen moléculas de carbono he hidrogeno, estos pueden ser clasificados en naturales y sintéticos unidos por un proceso químico llamado polimerización

En la década de 1980 surge la utilización del término “nuevos materiales”, para el caso de los polímeros se es conoció así a aquellos materiales que tenían funciones especiales, propiedades mejoradas obtenidos con nuevos procesos de fabricación.

V.I. POLÍMEROS SINTÉTICOS

Los polímeros sintéticos hoy en día se han convertido en materiales importantes en la sociedad actual, esto debido a su gran variedad de propiedades físicas y que en algunos casos toleran temperaturas superiores a los 400°C. [7]

Entre los polímeros sintéticos encontramos a los plásticos, los cuales cuentan con una alta gama de características debido a la estructura interna y agrupación de sus cadenas, para el estudio de estos son clasificados en 2 grandes grupos, los termofijos y los termoplásticos. Los termoplásticos son aquellos materiales solidos con gran elasticidad pero que cambia a un estado viscoso a temperaturas elevadas y poseen la característica de regresar a su estado natural; Los termofijos son aquellos materiales rígidos que por presión y calor obtienen una forma fija que no puede regresar al mismo estado. En su mayoría los plásticos son manufacturados por extrusión y moldeado por inyección.

VI. MATERIALES REFORZADOS

Los plásticos reforzados nacieron de la necesidad de mejorar las propiedades de los plásticos creando materiales compuestos o también conocidos como “composites” (ver tabla 1). Entre los apartados que se mejoran al tener materiales compuestos se encuentran; Resistencia a altas temperaturas, Disminución del peso, resistencia a la corrosión y mayor dureza.

Tabla 1. 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

Un plástico reforzado está constituido por una matriz de resina polimérica combinada con algún agente de refuerzo en forma de fibras (ver imagen 1). La matriz polimérica permite la conformación del material, dándole cohesión, y las fibras de refuerzo confieren propiedades mecánicas como resistencia y rigidez. Las fibras de refuerzo más utilizadas en aplicaciones para ingeniería son las de vidrio y las de carbono, pudiendo recurrir para aplicaciones específicas las fibras de aramida. [5].

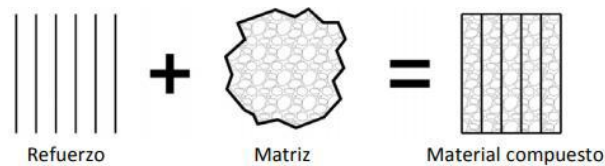


Imagen 1. Configuración básica de un material compuesto.

FIBRAS

Las fibras son fabricadas industrialmente a base de polímeros sintéticos o naturales y tienen la característica de que son estructuras que se doblan con facilidad con la finalidad de crear tejidos, estas tienen diferentes aplicaciones en diferentes industrias, ya que su uso normalmente se da con la finalidad de tener materiales más resistentes

FIBRAS SINTÉTICAS

Las fibras sintéticas según Miró Chavarría son aquellas obtenidas mediante el tratamiento químico de ciertas materias primas de origen artificial. [5], entre las más importantes en este apartado se encuentran la fibra de vidrio y la fibra de carbono, estos están contruidos a base de polímeros muy rígidos los cuales son difíciles de hilar, pero con grandes resistencias ante objetos punzantes, con gran tenacidad

Los principales materiales sintéticos usados como material de refuerzo, son los siguientes

FIBRA DE CARBONO

La fibra de carbono según Tadeuz Majerwski tiene propiedades mecánicas similares al acero y es tan ligera como la madera o el plástico, pero con menor resistencia al impacto que el acero [3], este es una de las fibras de más reciente desarrollo, proveniente de la industria aeroespacial, la cual debido a su bajada de costos de producción es usada actualmente en diferentes industrias entre las cuales una de las principales es la automotriz.

Otras propiedades que cuenta este material es que no presenta elasticidad por lo que su límite de rotura es el mismo a su límite elástico, resiste altas temperatura y su alta resistencia a la tracción.

FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio se encuentra clasificado como un polipropileno modificado, ya que este sostiene al fusionar el polipropileno con moléculas de sílice, cal entre muchos otros, el cual cuenta con una elevada resistencia a la tensión a altas temperaturas, gran flexibilidad, buena rigidez y especialmente conocido por su bajo costo bajo costo a su. Sin embargo, crean un efecto de orientación que reduce la resistencia al impacto y originan una superficie opaca al producto.

Este es un material usado principalmente en la industria automotriz debido a su bajo costo a comparación de las demás fibras sintéticas.

MATRICES

Una parte esencial en la construcción de plásticos reforzados es la elección correcta de la matriz, ya que esta parte es la que en la mayoría de los casos estará en contacto con los agentes externos, estas pueden ser de tres tipos: termoplásticas, termoestables y elastómeras.

A tratarse de materiales reforzados las matrices termoestables son aquellas de mayor uso, esto debido a que estas no se funden al calentarse. Entre estos se encuentran la resina de poliéster, epoxi y fenólicos.

FABRICACIÓN DE PLÁSTICO REFORZADO

El proceso de fabricación de plásticos reforzados es armado por una resina y fibras delgadas, los cuales actúan de manera combinada entregando a la estructura final propiedades de los mismos, por su parte la resina entrega al producto final una alta resistencia a Fuerzas de compresión físicas y por el lado de las fibras entregan una alta resistencia a la tensión, así que al combinarse ambos materiales se alcanzan rangos más altos. Para la manufactura de componentes de plástico reforzado es necesario la fabricación de moldes que cuenten con la forma final de lo que se requiera manufacturar, para lo cual se ocupan diferentes técnicas de moldeo como lo pueden ser el Moldeo Manual, Moldeo por aspersion y el modelo a presión. Entre los cuales el de uso más común es el moldeo manual, esto debido a que no requiere equipo sofisticado y logra tener acabados finales limpios a costos menores.

En la imagen 2 podemos observar los tipos de matrices empleadas en los materiales compuestos: relleno de partículas, las fibras discontinuas o también llamadas whiskers y las fibras continuas con mallados específico



Imagen 2. Tipos de matrices en materiales compuestos.

VII. DESCRIPCION DEL PROYECTO

La realización de este proyecto consiste en la utilización de fibras sintéticas en la mejora de componentes automotrices que reciben golpes o impactos de manera común, para de este modo tener componentes más seguros, con características de deformación plástica que eviten roturas o en cambio lleven a una reparación más simple de los componentes, sin afectar al peso del mismo ni elevar su valor de mercado a niveles estrafalarios.

VIII. DISEÑOS CONCEPTUALES PROPUESTOS 3D COMO ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Las facias son componentes que de manera común reciben golpes, y que con el paso del tiempo o dependiendo de la magnitud del golpe se deforman o quiebran, haciendo que estos sean de los componentes que más requieren un cambio o un arreglo, es por esto que reforzar este componente en ciertas zonas que son las que comúnmente reciben un impacto puede aumentar la vida útil, la resistencia del mismo y la posible mejora de la seguridad, para esto se analizarán 2 posibles estrategias de mejora del componente que no requiera un alto

uso de fibras sino su optimización, una de dichas opciones se centrara en ocupar una capa externa en ciertas partes y otra propuesta se centrara en el uso de aristas en la parte posterior del componente que bridan estructura a la pieza, y el reforzamiento de esta parte únicamente.

PROPUESTA 1:

De acuerdo a la imagen 3 la propuesta número 1 se basa en el recubrimiento de la parte externa de la carrocería para de este modo generar una superficie completamente reforzada, la cual se haya en la parte más expuesta a golpes dentro de la carrocería.

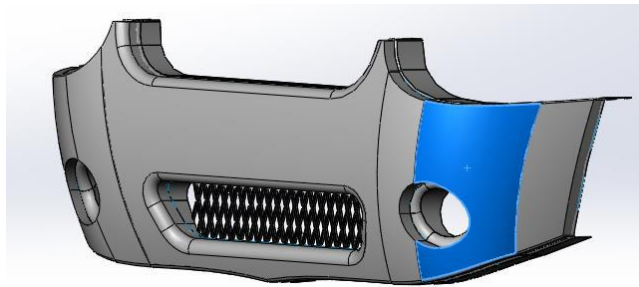


Imagen 3. Superficie externa a Reforzar

PROPUESTA 2:

De acuerdo a la como se muestra en la imagen 4 la propuesta está basada en generar estructuras en la parte posterior de la carrocería las cuales se encuentren realizados por materiales compuestos como lo serian keblar, fibra de carbono o fibra de vidrio, para de este modo su uso se vea aprovechado de mejor manera, mejorando la estructura de la pieza sin verse afectada la parte estética, ni el costo de forma considerable.

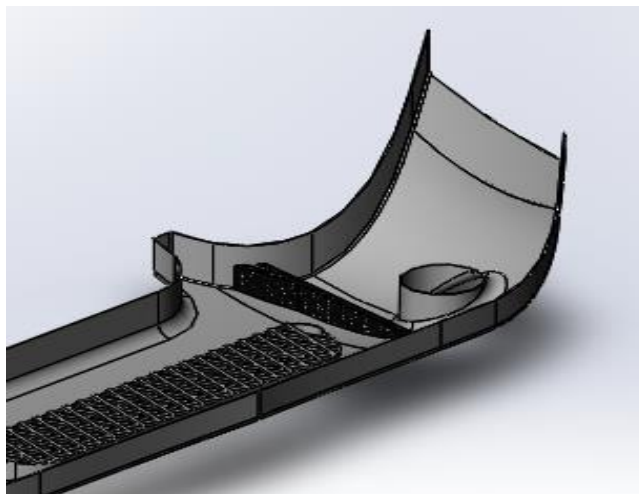


Imagen 4. Arista a Reforzar para mayor rigidez

IX. DISEÑO DE CONJUNTO FUNCIONAL PRELIMINAR 2D DE LA FUNCIÓN PRELIMINAR

Los estudios de las probetas de ensayo para este tipo de compuesto se deben realizar mediante norma ASTM D3039 (imagen 5), en las cuales se define como medidas para las probetas manufacturadas con una

estratificación simétrica o asimétrica unas medidas de 250mm de largo, por 25mm de ancho y 2.5mm de espesor

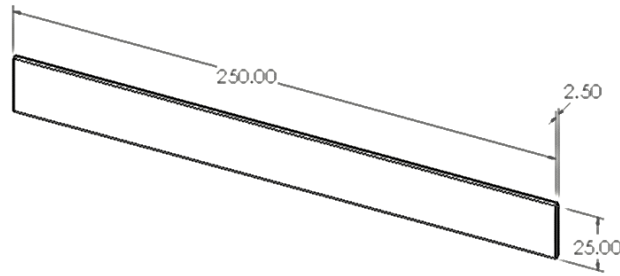


Imagen 5. Medidas de probeta bajo la norma ASTM D3039

X. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS MATERIALES

Para realizar los estudios al modelo final se necesitan conocer los parámetros requeridos por el programa de diseño ANSYS, los cuales son:

A	
1	Property
2	Material Field Variables
3	Density
4	Isotropic Elasticity
5	Derive from
6	Young's Modulus
7	Poisson's Ratio
8	Bulk Modulus
9	Shear Modulus

Imagen 6. Parámetros de material ANSYS

Estos parámetros nos entregan los parámetros para proseguir investigando, en la tabla 2 podemos observar diferentes propiedades físicas de dichos materiales.

Tabla 2. Comparación entre las diferentes propiedades de fibras

Fibras	Densidad(g/cm ³)	Modulo (GPa)	Elongacion Fractura (%)	Absorcion de Humedad (%)
Vidrio S	2.5	70	2.5	-
Vidrio E	2.5	85	2.8	-
Aramida	1.4	63-67	3.3-3-7	-
Carbón	1.4	230-240	1.4-1-8	-

Una vez los materiales al volverse matriz y refuerzo, le entregan al material final características de cada uno de ellos, en la siguiente tabla 3 se muestran las características adquiridas de los materiales una vez fusionados.

Tabla 3. Propiedades de matriz epoxi reforzado con fibras (Sonelastic)

Material	Módulo de elasticidad		Coeficiente de Poisson
	GPa	10 ⁶ psi	
Materiales compuestos			
Matriz de fibras epoxi de aramida:			0.34
Longitudinal:	76	11	-
Transversal:	5.5	0.8	-
Fibras de carbono de alto módulo - epoxi:			0.25
Longitudinal:	220	32	-
Transversal:	6.9	1.0	-
E-fibra de vidrio-matriz epoxi:			0.19
Longitudinal:	45	6.5	-
Transversal:	12	1.8	-

De acuerdo con los datos recabados los parámetros para realizar el estudio son:

Tabla 4. Parámetro fibra de carbono

Fibra de Carbono con resina epoxica	
Densidad gcm ³	1.4
Módulo de Young GPa	220
Coeficiente de poisson	0.25

Tabla 5. Parámetro fibra de vidrio

Fibra de Vidrio con resina epoxica	
Densidad gcm ³	2.5
Módulo de Young	45
Coeficiente de poisson	0.19

Tabla 6. Propiedades de los materiales requeridos por ANSYS

Fibra de Aramida con resina epoxica	
Densidad gcm ³	1.4
Módulo de Young	76
Coeficiente de poisson	0.34

XI. ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONTROL

Una vez conocidas las características los materiales tablas 4, 5 y 6, se procede a su análisis por medio de estudios en un software de modelado 3d, en el cual se observarán las deformaciones del componente con los materiales seleccionados aplicado en las zonas de los refuerzos para así conocer si es beneficioso o no su integración a la fascia del vehículo.

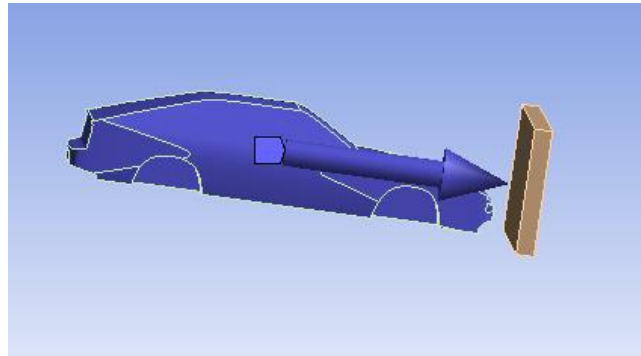


Imagen 7. Dirección del vehículo para prueba ANSYS

Para el análisis del componente se realizaron 3 estudios sobre el diseño de un modelo completo del vehículo el cual se desplaza a una velocidad de 20 km/h la cual es la velocidad máxima en un estacionamiento y en zonas escolares en México, para de este modo poder observar su comportamiento ante el impacto contra un objeto en estado de reposo.

En las cuales cada una de las pruebas al momento del impacto registro deformaciones y esfuerzos, tabla 7.

Tabla 7. Resultados de deformaciones y esfuerzos de modelo reforzado contra no reforzados

Material	Deformación (Cm)	Esfuerzos
Facia Sin Refuerzo	4.32	210 MPa
Fibra de Carbono Epoxi	2.55	120 MPa
Fibra de Aramida Epoxi	2.71	166 MPa
Fibra de Vidrio Epoxi	3.32	183 MPa

XII. ANIMACIÓN FUNCIONAL

Al finalizar la animación, podemos observar las zonas en donde se concentran los esfuerzos y como se distribuyen atreves de la defensa. (imagen 8)

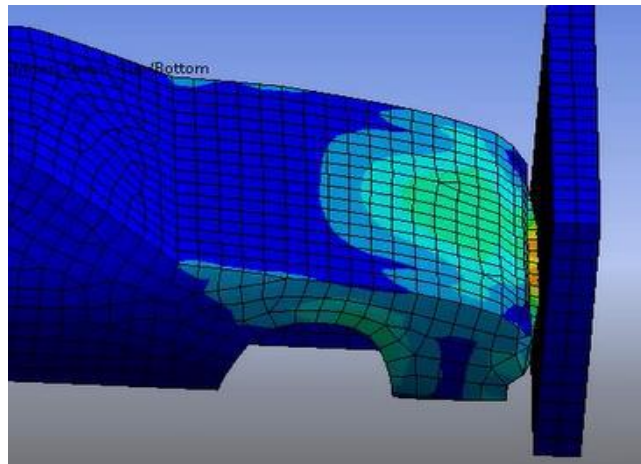


Imagen 8. Resultado de prueba de impacto ANSYS

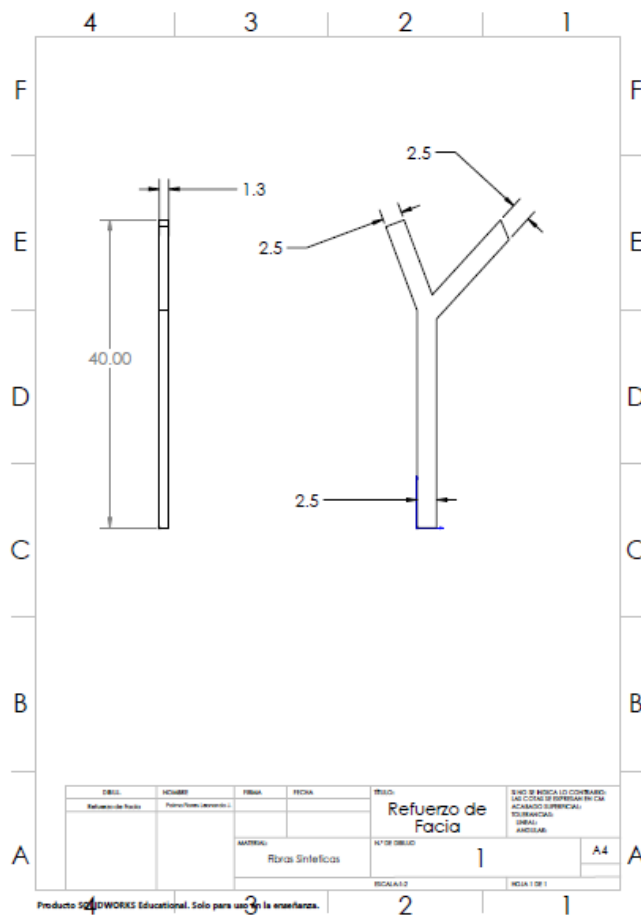


Imagen 9. Plano de Ingeniería Refuerzo

XIII. PROYECCIONES

La pieza construida por 3 materiales diferentes contara con unas dimensiones aproximadas de 1 pulgada de espesor con un ancho de 1/2 pulgada para brindar una mayor protección, el largo en cuestión a utilizar dependerá del tipo de facia a la cual esta misma se encuentre reforzando ya que cada modelo de vehículo

cuenta con una hacia diferente, la cual, varia sus medidas de altura, en promedio se plantea que las facias de los vehículos tengan una medida aproximada de 16 pulgadas, por lo que la cantidad de material utilizado para crear el refuerzo es de hasta 150 cm² de área, la cual para llegar al ancho requerido se requerirían 5 capas de fibra recubiertas de resina, por lo que la cantidad de fibra a ocupar por refuerzo, que en cada vehículo se estima que el numero requerido sea de 2 es de 1500 cm².

El costo del proyecto total del proyecto pudiera variar, tanto los costos directos como indirectos para su realización, esto en función del precio de los materiales.

XIV. CONCLUSIONES

Sabemos que trabajar en el diseño y más en un diseño mediante un modelo 3D no es una tarea sencilla, por la diversidad de comandos y maneras de ejecutar el diseño en un software. Durante la simulación fueron surgiendo nuevas ideas y maneras de ir realizando el modelado de la fascia, pero finalmente se cumplió con el objetivo. Un problema que pudiera dar efecto en el análisis del programa es la diferencia en las medidas como bien ya se menciona. Esto debido a que con plásticos se obtienen incertidumbres en las medidas más altas que trabajando con otros materiales como metales que son modelados en máquinas CNC y no por inyección como estas partes del vehículo.

Un método para obtener las medidas más acertadas en la fascia seria simular su montaje, pero debido a la complejidad no se llevó a cabo ya que se hubiera requerido una estructura como el alma de un carro montada y nivelada como tal.

A pesar de todas las dificultades que se fueron encontrando la simulación del modelo quedo dentro de lo esperado.

REFERENCIAS

- [1] Central de Recambio Original Los Materiales Para Fabricar Carrocerías De Automóviles. [online] Disponible en: <<http://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/carroceria/los-materiales-para-fabricar-carrocerias-de-automoviles/>>. 2015
- [2] Élica Hermida Polimeros, Argentina, INET, 2011
- [3] Exequiel s. Rodríguez, Desarrollo de materiales compuestos basados en fibras de carbono para la industria aeroespacial, Argentina, 2012
- [4] Jorge Lucendo, Las edades del automóvil (Historia del Automóvil), Jorge Lucendo, 2019
- [5] Miro-Chavarría, Juan, Nava-Cano, Juan José. "LAS FIBRAS SINTÉTICAS " DYNA. Octubre 42. 196):593-605
- [6] Tadeuz Majewski Andrzej Bledzki, Plásticos reforzados con fibras naturales en el sector automotriz, México, 201
- [7] T. Flores de Garibaldi, Química IV La materia, sus reacciones y procesos, México; Esfinge, 2008, p,311.
- [8] <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/diferencia-entre-chasis-y-carroceria.html>
- [9] Mechanical Properties of Kevlar KM2 Single Fibre, J. Eng Materials Technology, April 2005, Volume 127, Issue 2, pp.197–204 ASTM D3039 (2008).
- [10] Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. ASTM International, West Conshohocken, PA,. doi: 10.1520/D0638-08
- [11] Lara Miroslava, Análisis y modelado 3d de mascara facial deportiva basada en material compuesto, México, 2018
- [12] Solnelastic, módulos de elasticidad y coeficiente de Poisson de materiales compuestos típicos, Brasil
- [13] Paredes Salinas Juan, Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz de poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz, Ecuador, 2017
- [14] Barriga Ludwin, Estudios de polímeros híbridos estratificados de matriz epoxica reforzada con tejido mixto elaborado con fibras de carbono y Kevlar y su incidencia en las propiedades mecánicas de partes externas de autos, Ecuador 2014.

Correo electrónico autor: lpalmaf1600@gmail.com