

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención en Fabricación de Autopartes De Vehículos

Caracterización mecánica de un material compuesto con fibra natural de banano y resina de poliéster para la aplicación en una moldura del panel del optra 1.8.

Jorge Andrés Fraga Portilla

Nota del Autor

Jorge Fraga P, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Director: PhD. Javier Martínez Gómez.

Codirector:

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

jfraga.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Jorge Andrés Fraga Portilla, con cédula de identidad 100273503-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente. El presente trabajo pertenece al programa de Desarrollo Tecnológico y se relaciona directamente con la Línea de Eficiencia, Impacto Ambiental e Innovación en la Industria.



Jorge Andrés Fraga Portilla.

CI: 100273503-1

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	2
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Antecedentes	10
Justificación	11
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Estado del Arte	13
Levantamiento de información agronómica de la fibra	14
La Planta de Banano	14
Proceso de Extracción de la Fibra de Banano	15
Resina de Poliéster	16
Caracterización del material compuesto	17
Fibras verdes para la producción de compuestos	18
Resina de poliéster insaturado	21
Desarrollo de nuevos materiales	22
Propiedades mecánicas y parámetros estructurales	22
Termo gravimetría (TGA)	25
Industria Autopartista del Ecuador	25
Biocompuestos en la industria automotriz	25
Método	28
Proceso de Fabricación del Material Compuesto	28
Proceso de Estratificación Manual	29
Equipos	29
Ensayos mecánicos	31

Caracterización de la fibra.....	31
Tracción de un Material.....	33
Tipos de Investigación	35
Simulación Computacional	36
Proceso para Realizar la Simulación.	43
Resultados.....	43
Resultados de la simulación con el material original plástico ABS.....	43
Convergencia de datos de simulación.	46
Trazado de convergencia.....	46
Caracterización de la resina de poliéster.	47
Caracterización del material compuesto de resina de poliéster y fibra de banano.	50
Resultados del ensayo a tracción.	50
Resultados del ensayo a flexión.....	53
Resultados de la simulación con el material compuesto de resina de poliéster y fibra de banano.....	56
Resultados de Termogravimetría.	59
Discusión de Resultados	60
Resultados de la simulación con el material compuesto de la fibra de totora al 30%.....	60
Discusión de resultados de la simulación con los tres materiales.	61
Resultados a flexión con los materiales objeto de estudio.	62
Resultados a tracción con los materiales objeto de estudio.....	64
Resultados promedio entre flexión y tracción.	66
Resultados Comparativos de Termogravimetría.....	67
Conclusiones	68
Recomendaciones	69
Referencias Bibliográficas.....	70

Índice de Tablas

Tabla 1. Producción mundial y el origen de las fibras 19

Tabla 2. Características de fibra y la creciente área de las fibras disponibles comercialmente20

Tabla 3. Compuestos de fibra natural en diferentes series de automotores 26

Tabla 4. Variables y niveles 31

Tabla 5. Condiciones de Simulación..... 36

Tabla 6. Condiciones Físicas del Material 36

Tabla 7. Resultados de la Simulación con ABS..... 44

Tabla 8. Ensayo a tracción 47

Tabla 9. Ensayo a Flexión 48

Tabla 10. Datos de ensayo a tracción fibra 5% 50

Tabla 11. Datos de ensayo a tracción fibra 25% 51

Tabla 12. Promedio ensayo a tracción. 52

Tabla 13. Datos de ensayo a flexión con fibra 5% 53

Tabla 14. Datos de ensayo a flexión con fibra 25% 54

Tabla 15. Promedio ensayo a flexión 56

Tabla 16. Resultados de la Simulación con Fibra de banano 57

Tabla 17. Resultados con la fibra de totora 60

Tabla 18. Comparación de Von Mises 61

Tabla 19. Comparación de Desplazamiento..... 61

Tabla 20. Comparación de Factor de seguridad 62

Índice de Figuras

Figura 1. Desprendimiento del tallo.....	15
Figura 2. Extracción de la fibra	16
Figura 3. Secado de la fibra	16
Figura 4. Propiedades y su dependencia de los componentes químicos. Fuente (Dávila et al., 2011). 24	
Figura 5. Troqueladora de probetas, marca INSTRON (EPN, 2015).....	30
Figura 6. Máquina universal de ensayos, marca INSTRON (EPN, 2015).....	30
Figura 7. Esquema de ensayo a flexión. Fuente: (Callister, 2014).....	34
Figura 8. Descripción de la simulación fase 1.....	41
Figura 9 Pasos para llegar a la Simulación.....	42
Figura 10. Resultados de Desplazamiento y Factor de Seguridad en la Simulación.....	43
Figura 11. Esfuerzo de Von Mises.....	45
Figura 12. Desplazamiento de la moldura.....	45
Figura 13. Factor de Seguridad.....	46
Figura 14. Análisis de Convergencia	47
Figura 15. Esfuerzo máximo y Módulo de elasticidad.	48
Figura 16 . Esfuerzo máximo y módulo de elasticidad de la resina de poliéster.....	49
Figura 17. Esfuerzo máximo a tracción de las dos configuraciones.....	51
Figura 18. Módulo de elasticidad de las dos configuraciones.....	52
Figura 19. Resultados Promedio del ensayo a tracción.....	53
Figura 20. Esfuerzo máximo a flexión de ambas configuraciones.....	55
Figura 21. Esfuerzo máximo a elasticidad de ambas configuraciones.	55
Figura 22. Resultados promedio del ensayo a flexión.....	56
Figura 23. Resultados de la simulación con el material caracterizado.....	58

Figura 24. Resultados TGA.....	59
Figura 25. Resultados promedio de la resistencia a flexión	63
Figura 26. Resultados del módulo de flexión	63
Figura 27. Resultado de tracción.....	64
Figura 28. Módulo de Elasticidad.....	65
Figura 29. Resultados Comparativos Tracción y Flexión	66
Figura 30. Resultados Comparativos entre tracción y flexión.....	66

Resumen

El siguiente trabajo de investigación estudia la caracterización mecánica del material compuesto por una matriz de resina de poliéster y un refuerzo como es la fibra de banano con dos tipos de configuraciones en la cual usamos fibra al 5% y al 25% respectivamente, los ensayos mecánicos como los de flexión y tracción son realizados bajo las normas ASTM 3039 y 7246, para ello se usa una metodología aplicada, con ello buscar un material que sustituya los convencionales el cual responda a las exigencias del material original, con los resultados se determina que las probetas con mayor cantidad de fibra presenta mejores características mecánicas, los valores obtenidos en la prueba de tracción en su esfuerzo máximo es de $\sigma_{max} = 11.22 MPa$ y un $E = 138.20 MPa$. Se procede a modelar el CAD en un software con las características de la moldura original, para su posterior simulación obteniendo factores de seguridad mayor a 1, por lo tanto, el compuesto con mayor cantidad de fibra es la adecuada para la elaboración de la moldura del panel del tablero en el Chevrolet Optra 1.8.

Palabras claves: Fibra Natural, Material Compuesto, Vehículo, Polímero, Innovación.

Abstract

The following research work studies the mechanical characteristic of the material composed of a polyester resin matrix and a reinforcement such as banana fiber with two types of configurations in which we use 5% and 25% fiber respectively, mechanical tests As the results of the standard ASTM 3039 and 7246, To do this, an applied methodology is used, thus seeking a material that replaces the conventional ones, which responds to the requirements of the original material, with the results are determined the probabilities with greater amount of fiber presents the best mechanical characteristics, the values in the test of the traction in its maximum effort is of $\sigma_{max} = 11.22$ MPa and an $E = 138.20$ MPa. Continue to use the CAD in the software Inventor of Autodesk with the characteristics of the original molding, for further simulation, obtaining safety factors greater than 1, therefore, the compound with the highest amount of fiber is suitable for the elaboration of the dashboard panel molding in the Chevrolet Optra1.8.

Keywords: Natural Fiber, Composite Material, Vehicle, Polymer, Innovation.

Introducción

Antecedentes

La eliminación mundial anual de millones de toneladas de plástico, especialmente de envases, ha aumentado la demanda de medios de la gestión de estos residuos no biodegradables. El uso de fibras naturales en una matriz termoplástica proporciona beneficios ambientales positivos con respecto a la desechabilidad y la utilización de materias primas. (Morales-Cepeda, Victoria-Valenzuela, Ponce-Medina, & Lozano-Ramirez, 2011). Las fibras son relativamente baratas y biodegradables, es decir son biocompuestos a partir de polímeros biodegradables que van a rendir una contribución significativa en el tiempo actual en el que se vive y se desarrolla, por lo tanto los materiales compuestos de fibras naturales con termoplásticos se pueden clasificar en dos tipos: en primer lugar, materiales compuestos con termoplásticos sintéticos no degradables; aunque todos estos no pueden someterse a la biodegradación, se pueden reciclar fácilmente en comparación con compuestos termoestables convencionales, en segundo lugar, los compuestos con una matriz polimérica biodegradable también llamados compuestos verdes que pueden sufrir completa biodegradación. (Cueva, 2013)

Normalmente la selección de un material se determina por el modelo realizado, existen momentos que sucede inversamente, donde el producto selecto o progreso del mismo nace gracias a la innovación de materiales modernos para la selección en un modelo donde se da la posibilidad de optar por la opción tradicional. (Ashby, 2005).

La selección del material no se restringe al diseño sino se toma en opción la manufacturabilidad, el costo, el uso y además la ingeniería no oferta un producto, también lo hace su aspecto y aplicación práctica. (Ashby, 2005)

Por otra parte, la inclusión de fibras naturales como refuerzo de materiales compuestos ha sido estudiada ampliamente en las últimas dos décadas. En la actualidad se producen aproximadamente 30 millones de toneladas de fibras naturales alrededor del mundo y sus aplicaciones tradicionales son: la cordelería, vestido, tapicería, entre otros.

Recientemente son utilizadas en el campo de materiales compuestos de matriz polimérica para la elaboración de autopartes automotrices.(Herrera, 2015)

Justificación

Los materiales compuestos son estudiados con miras a encontrar nueva materia prima que sea bio amigable y tenga aplicaciones para la elaboración de autopartes de producción nacional. Con la caracterización del material compuesto de fibra de banano y resina de poliéster se analiza algunas aplicaciones en diferentes áreas de la ingeniería. Para calificar estos materiales hay que inspeccionar la huella que deja en el medio ambiente en el ciclo vital de los productos correspondientes: origen, combinación con otros materiales, procesamiento y aplicación. (Bledzki A. K., 2003)

Esta investigación busca caracterizar el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra natural de banano, mediante el levantamiento de información agronómica de la planta y caracterización de la fibra para la posterior determinación de las propiedades mecánicas del material compuesto y así poder encontrar sus posibles aplicaciones, el costo de un prototipo de aplicación y compararlo con el costo de importación.

Con la investigación de materiales extraídos y manufacturados en el Ecuador se podría satisfacer necesidades de partes y hasta la creación de nuevos ingenios, con esto la empresa ecuatoriana podría disminuir la dependencia de importaciones de materia prima o partes terminadas.

El Ecuador es uno de los principales productores de banano a nivel mundial, cuenta con 180.331 hectáreas de superficie plantada y una producción de más de 5.274.232 toneladas anuales, por lo tanto, se tiene grandes cantidades de fruta cosechada y exportada, quedando sin utilidad el tallo y las hojas de la planta. Estos recursos no han sido aprovechados de forma adecuada, ya que la gente les considera como desechos por la falta de conocimiento, pero en estas partes se encuentran fibras que a partir de su extracción serán muy productivos en el diseño de partes en muchos capos de la ingeniería por las características que poseen. (Torres Guzmán, 2013)

En la actualidad la fibra natural de banano no ha sido aprovechada con todas sus características y cualidades para la aportación de beneficios en el área de la ingeniería, la materia prima va a ser obtenida mediante habilidad artesanal. Adicionalmente el nuevo material e información que se obtenga del presente estudio será un aporte al conocimiento científico a nivel nacional e internacional.

La moldura del panel del Chevrolet Optra, es una autoparte que no se la encuentra como repuesto solo, sino que viene con todo el tablero de instrumentos y es un elemento de importación, con lo cual su costo es elevado, por lo tanto, construir como único elemento fomentará abaratar costos para los consumidores finales.

Objetivo general.

Caracterizar las propiedades mecánicas de un material compuesto con fibra de banano y resina de poliéster bajo normativas ASTM para innovarse en una moldura del panel del optra 1.8.

Objetivos específicos.

1.- Determinar las propiedades mecánicas del material compuesto obtenido de la fibra de banano y resina de poliéster, con distintas cantidades de fibra y resina para encontrarse con el mejor esfuerzo de cada experimentación.

2.- Aplicar las normativas ASTM, con la finalidad de encontrar los datos óptimos de cada ensayo para fijarse en la caracterización del material compuesto con la fibra de banano y resina de poliéster.

3.- Realizar una simulación mecánica mediante un software de la moldura del panel del optra 1.8. con el nuevo material caracterizado y utilizarse en el mercado para su comercialización.

Estado del Arte

En la actualidad existe una tendencia al reciclaje principalmente de los materiales sintéticos, al obtener compuestos plásticos a partir de fibras naturales, las mismas que brindan ventajas en su biodegradabilidad, módulos relativos altos, etc. Es por esto que se encuentra la industria agrícola, como una gran fuente de generación de materiales fibrosos los mismos que generalmente son considerados como subproductos agrícolas y constituyen una fuente de contaminación en los campos. Las fibras lignocelulosas pueden ser una fuente de obtención de celulosa, las cuales se encuentran en varios materiales vegetales.

Con lo expuesto anteriormente se ha comenzado una búsqueda de varias formas de aprovechamiento de estos materiales, en este caso las fibras naturales a través de tecnologías viables que representen un ahorro económico. De algunas variedades de plantas se puede obtener fibras a partir tanto de la hoja como de su tallo, logrando así un aprovechamiento integral de la planta. Las fibras obtenidas como subproducto del proceso de producción para la fabricación de materiales compuestos termoplásticos con una matriz de polipropileno.

Esta planta se encuentra compuesta por hojas como base y un tronco, el mismo que constituye la parte central por lo que se puede recuperar fibras a partir de las dos partes. Tanto las propiedades mecánicas, como la composición química de las diferentes partes de la planta son

inherentes a las necesidades la misma ya que cumplen una función diferente, sin embargo, ambas presentan una descomposición del 50% debido a la degradación térmica de la celulosa.

Este comportamiento se da debido a la cantidad diferente de lignina que posee cada parte. Además el contenido y tamaño de la fibra afecta las propiedades mecánicas de los materiales compuestos, logrando mejores resultados cuando se usaron fibras más pequeñas (malla 100), ya que presentan una mejor dispersión de las mismas en la matriz.(Balam-Cocom, Duarte-Aranda, & Canché-Escamilla, 2002)

En los últimos años ha potenciado el reciclaje, disminuye la presión sobre la materia prima, aliviando la contaminación ambiental, reduciendo costos de producción, permitiendo el procesamiento de estos materiales se lo realiza mediante extrusión o inyección, a lo que se debe tomar en cuenta que al ser materiales reciclados, pierden sus propiedades para lo cual se busca incorporar fibras para contrarrestar esta degradación.(Córdoba, Mera, Martínez, & Rodríguez, 2010)

Levantamiento de información agronómica de la fibra

Para tener un conocimiento más amplio se deberá recopilar información de la fibra empezando por la revisión bibliográfica de ella, seguido por documentar el proceso de extracción de esta y su procesamiento mediante entrevista, terminando con el análisis de esta información.

La Planta de Banano

El banano es el género de tipo de la familia de las musáceas, son muy antiguas oriundas de la India donde se encuentran la mayor cantidad de especies, pero en América es el segundo centro de origen de este cultivo y ocupa el segundo lugar de consumo fresco a nivel mundial después de los cítricos, además posee las siguientes partes:

1. Tallo: es un rizoma grande, subterráneo, almidonoso que se desarrolla na vez que la planta empieza a florecer.
2. Hojas: son muy grandes y dispuestas en forma de espiral donde alcanzan medidas entre 2 y 4 m. de largo y hasta 50 cm. de ancho.
3. Flores: son amarillentas, irregulares y con seis estambres.
4. Fruto: durante el desarrollo del fruto estos empiezan a doblarse según el peso de éste hace que el pedúnculo se doble.

Proceso de Extracción de la Fibra de Banano.

1. Para la extracción de la fibra se desprende el tallo por sí solo, se retira las capas obtenidas.



Figura 1. Desprendimiento del tallo.

2. Una vez extraída las capas del tallo se procede a separar las fibras que se obtienen de las capas.



Figura 2. Extracción de la fibra

3. Se procede a secar la fibra en temperatura ambiente en unos tendedores de alambre y de caña guadúa.



Figura 3. Secado de la fibra

Resina de Poliéster.

La resina de poliéster es un compuesto químico derivado del petróleo que posee una buena resistencia a la compresión térmica, mecánica y química, es un líquido viscoso, transparente y es

el más utilizado en la industria donde exista mediana exigencia mecánica como por ejemplo para la creación de partes automotrices de material plástico reforzado con fibras naturales o sintéticas.

A la resina poliéster se le adiciona estireno con la finalidad de reducir la viscosidad y así obtener una correcta combinación de la matriz. También se combina con cobalto que es un componente de color violeta, este fluido se emplea como acelerante de la matriz polimérica para conseguir un curado adecuado. Para el curado a temperatura ambiente se incorpora a la mezcla MEC (Metil Etil Cetona).

Caracterización del material compuesto

Dentro de la literatura universal no existe una definición satisfactoria de material compuesto, hablando en un nivel atómico las aleaciones metálicas o poliméricas por algunos son consideradas como compuestos, ya que estas se forman con distintos agrupamientos atómicos (Smith & Hashemi, 2014).

En la definición de compuesto Smith & Hashemi (2014) afirman: “un sistema de materiales formado por una mezcla o combinación debidamente dispuesta de dos o más micro o macro constituyentes, con una interfase que los separa, que difieren en forma y composición química y son esencialmente insolubles entre sí” (p.453). (Smith & Hashemi, 2014)

Aunque los materiales compuestos pueden ser de muchos tipos, se concentrará en los predominantes que son los fibrosos, es decir aquellos que tienen fibras en una matriz, a su vez estos tienen diferentes configuraciones y se clasifican en compuesto de matriz metálica (MMC), compuesto de matriz cerámica (CMC) y compuesto de matriz polimérica (PMC) (Smith & Hashemi, 2014).

En cuanto a los materiales compuestos es necesario indicar que han permitido lograr ventajas en materia de peso, resistencia mecánica y a su vez soluciones eficientes en costo ya que tiene

como característica cumplir diferentes funciones dando como resultado un material que puede soportar diversos tipos de carga; en algunas investigaciones se ha demostrado que es posible mejorar las propiedades de las fibras de origen vegetal en base a tratamientos y con ello obtener un mejor compuesto que sea compatible con las fibras de resina sin embargo es importante realizar un estudio en aquellas fibras que tengan mayor integración entre la matriz y la fibra con el objetivo de incrementar la sinergia con el compuesto, cual presenta un mejor comportamiento, comparando con el material reforzado.

Los bastos compuestos por fibra natural y polímeros también son otro tipo de plásticos no degradables, por lo tanto, estos compuestos no transitan por un proceso de natural degradación, debido a que son sostenibles por su característica de fácil reciclabilidad en comparación con los compuestos termoendurecidos. Los termoplásticos son los más utilizados como matriz en combinaciones de fibra natural, dentro de estos elementos se encuentran al polipropileno, polietileno, poliestireno, y polivinilo de cloro (PVC) (Väisänen, Das, & Tmpo, 2017).

Fibras verdes para la producción de compuestos

Las fibras a base de celulosa son llamadas fibras verdes, se utilizan como refuerzo en materiales compuestos con fibras termoplásticas naturales que mejoran la resistencia y rigidez de los materiales compuestos resultantes. A diferencia de las fibras convencionales como la de vidrio, de carbono, las propiedades de las fibras naturales varían considerablemente con la calidad de las ubicaciones de las plantas, la edad de la planta, el modo de extracción de las fibras de la planta y la parte de la planta de donde se toma, por ejemplo, hoja, estopa, fruta, etc.(Cueva, 2013) Las fibras naturales se agrupan en función de sus orígenes, la planta, animal o mineral. Generalmente, las fibras de plantas se utilizan para reforzar plásticos en la industria de los compuestos. Dependiendo de su origen, las fibras vegetales son agrupados principalmente en:

- Fibras de hojas que corren a lo largo de las hojas, por ejemplo: sisal, abacá, piña, fibras de plátano.
- Estopa o fibra madre que son haces fibrosos en el interior de la corteza de la planta en toda la longitud del tallo, por ejemplo, el lino, yute, etc
- Fibras de pelo de semillas, por ejemplo, algodón.
- Las fibras de las frutas: coco.

Otros grupos incluyen núcleo, médula o fibras del centro de la planta, o fibras medulares de plantas como el yute y el kenaf, fibras de cultivos de raíces, cáscaras de semillas, segmentos de hojas y cabezas de flores. De estas fibras de los más utilizados son lino, yute, sisal, ramio y cáñamo. Todas estas fibras naturales son lignocelulósicas en la naturaleza y se distribuyen de forma abundante y de origen renovable de igual forma que los árboles (madera), plantas y cultivos. Los valores típicos de producción mundial de estos recursos fibrosos comercialmente importantes se dan en la Tabla 1 y las características de estas fibras y sus áreas de cultivo se dan en la Tabla 2.(Garc, 2014)

Tabla 1. Producción mundial y el origen de las fibras

Fuente de la Fibra	Producción Mundial	Producción Mundial	Producción Mundial	Origen
	1995	1999	2001	
Madera	1 750 000	-	-	Tallo
Bambú	10 000	-	-	Tallo
Algodón	18 450	-	-	Semilla
Yute	2 300	2 562	3 105	Tallo
Kenaf	970	-	-	Tallo
Lino	830	636	635	Tallo
Sisal	370	315	335	Hoja
Cáñamo	214	79	55	Tallo
Ramina	100	-	178	Tallo

La madera es el elemento que más aporta a los compuestos de nuevos materiales debido a que tiene la producción más elevada en el mundo entero y de la cual se aprovecha su tallo, por eso desde 1995 su producción mundial fue de 1 750 000, por lo cual se mira la necesidad de buscar de otros tipos de elementos para la búsqueda de nuevos materiales ya que la deforestación presenta un peligro para el cuidado del medio ambiente.

Tabla 2.

Características de fibra y la creciente área de las fibras disponibles comercialmente

Tipo de Fibra	Origen	Longitud (mm)	Ancho (µm)	Área de crecimiento
Algodón	Pelo de semilla	12	20	Partes del sur de América del Norte
Lino	Tallo	oct-36	oct-25	EU ,Canada, India
Yute	Tallo	03-may	0.017-0.023mm	India, China, Bangladesh
Cáñamo	Tallo	6.5-37.2	0.015-0.46 mm	EU,USSR, Filipinas, Asia Central, China
Ramina	Tallo	15-25	0.02-0.08	China ,Brazil, Tailandia, Japón, USA, Malaysia
Kenal	Tallo	2	0.014-0.033	Tailandia, India Norte y Sur de América, Iran Del Sur USSR
Abacá	Tallo	2.2-8.1	0.010-0.033	Filipinas y Ecuador
Sisal	Tallo	1.2-5.8	0.011-	Central y

			0.30	Sudamerica,
Esparto	Tallo	0.25-2.0	0.010-	India Occidental Meseta Española
			0.015	
Trigo	Tallo	0.5-3.1	0.008-	Asia Occidental
			0.030	USA
Bambú	Tallo	0.21-37	0.006-	Japón, India
			0.035	
Begasse	Tallo	0.8-2.8	0.010-0.034	India

Resina de poliéster insaturado

Con su doble enlace de C-C (carbono) estos reactivos se entrelazan y forman termofijos, junto a la fibra de vidrio forman materiales compuestos de alta resistencia.

Los poliésteres insaturados directos se vinculan de manera cruzada por moléculas de tipo vinilo como el estireno al tener elementos de curado que son usualmente a base de peróxido, como el peróxido de metil etil cetona (MEK), comúnmente también necesita de un activador de naftalanato de cobalto en módicas porciones, con ello, curando el poliéster a temperatura ambiente (Smith & Hashemi, 2014).

Este es un material de baja viscosidad que se puede mezclar con grandes cargas y esfuerzos, por ejemplo, puede tener hasta 80% en refuerzo de fibra de vidrio y al endurecerse tiene una resistencia muy importante, al igual que propiedades de resistencia a sustancias químicas y de impacto (Smith & Hashemi, 2014).

Para poder trabajar con esta resina en piezas pequeñas, se usan las técnicas de aspersion en molde o nebulización, en casos industriales cómo paneles de automóviles se utiliza el moldeo por descompresión. Otras aplicaciones del poliéster insaturado con refuerzo de vidrio son las de

plataformas pequeñas de barcos, paneles de construcción, tanques, tuberías y ductos donde se requiere resistencia a la corrosión. (Smith & Hashemi, 2014).

La resina de poliéster forma una de las partes más importantes de resinas termoestables utilizadas en la elaboración de materiales compuestos y son de amplio uso en el mercado nacional. Con adición de otros componentes forman una red tridimensional, termoestable obteniendo así la pieza sólida en los procesos listo para su utilización (Andercol S.A., 2011)

Desarrollo de nuevos materiales

El desarrollo de nuevos materiales aparece de la necesidad de obtener elementos con propiedades inexistentes en la naturaleza. Los materiales compuestos son el resultado de la mezcla de materiales simples con diferentes características, cuyas propiedades son mejores que la de los constituyentes de forma individual. Los materiales compuestos están formados por dos fases la matriz y el refuerzo. La matriz es el lugar donde se encuentra albergado el refuerzo y se distingue a simple vista por ser un medio continuo. La matriz otorga al compuesto ductilidad, tenacidad y emite los esfuerzos inducidos a los refuerzos para que estos soporten la mayor parte de la fuerza aplicada. A la matriz se suele adicionar refuerzos de otros materiales en forma de: fibras, partículas, etc., con la finalidad de elevar las propiedades mecánicas de ésta. Los refuerzos determinan la estructura interna de los materiales compuestos, por lo que deben estar fuertemente unidos a la matriz. Las propiedades de un material compuesto dependerán de los materiales que lo constituyen, de su distribución e interacción (Guerrero et al., 2013)

Propiedades mecánicas y parámetros estructurales

Para compensar las deficiencias de los materiales compuestos, a partir del panorama de la resistencia mecánica, se han llevado a cabo investigaciones en torno al mejoramiento de los plastificantes usados para su modificación, la mezcla con polímeros biodegradables más estables

y la incorporación de fibras naturales. Por lo tanto, la incorporación de fibras naturales duras, en matrices termoplásticas es una alternativa tentadora para el mejoramiento en las propiedades mecánicas del material; sin embargo, es necesario estudiar la zona interfacial formada entre el TPS y las fibras, con el fin de entender la naturaleza de sus interacciones y procurar aprovechar la capacidad de reforzamiento mecánico del material. Las propiedades mecánicas de las fibras dependen de la composición química de los constituyentes en una fibra. Cada uno de estos componentes contribuye en un grado diferente a las propiedades y los efectos de estos componentes en función de su importancia se muestra en la Figura 1.(Dávila et al., 2011)

Debido a la factibilidad de incrementar el desempeño mecánico del polímero, con la incorporación de un refuerzo fibroso, sin perder el carácter renovable del material, en este trabajo se estudia algunas propiedades físico-químicas y mecánicas del material compuesto.(MINA H., 2012)

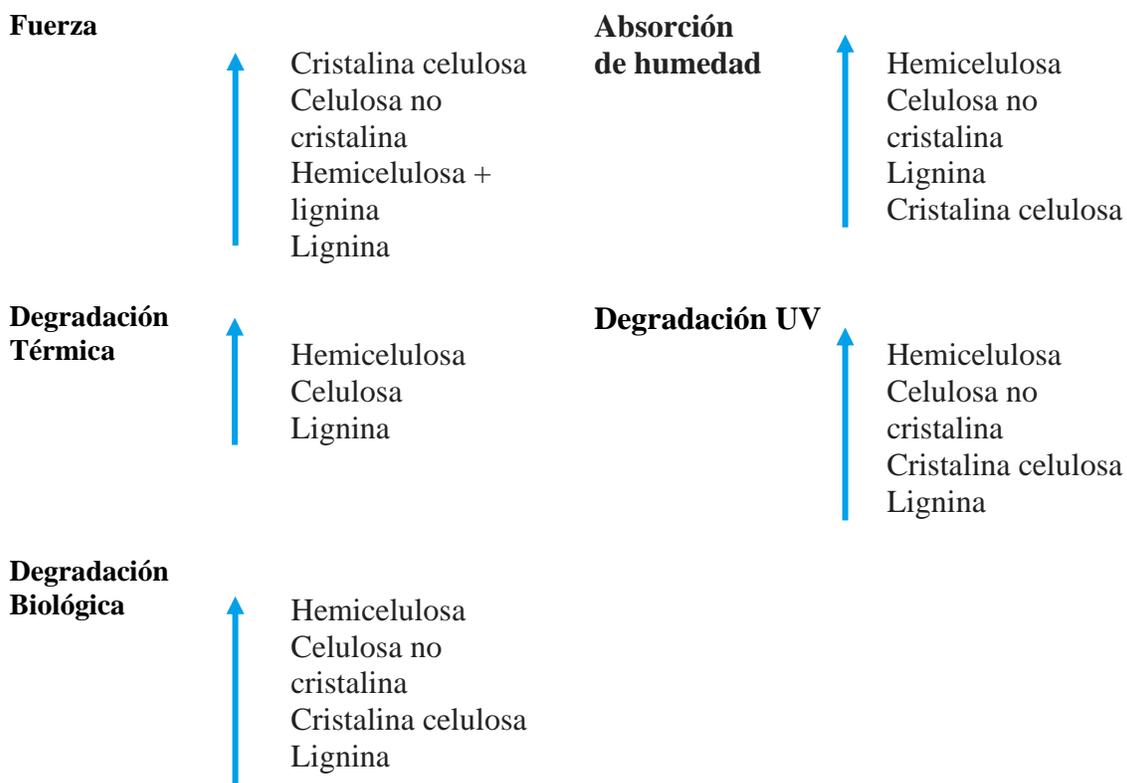


Figura 4. Propiedades y su dependencia de los componentes químicos. Fuente (Dávila et al., 2011)

En algunos trabajos de investigación se ha determinado la resistencia a la compresión paralela a las fibras naturales, sin embargo, los valores obtenidos no pueden ser comparados y analizados estadísticamente por diferentes razones. En primer lugar, puesto que no existe norma técnica para la evaluación de algunas propiedades mecánicas a las fibras naturales, la segunda, debido a la variabilidad existente en la edad de las muestras ensayadas.(Cuéllar & Muñoz, 2010)

Todas las pruebas de compresión, flexión y tensión, muestran que la fibra no aumenta la resistencia, pero si incrementa su ductilidad y esto puede ser aprovechado como ventaja para materiales que requieran ser livianos y muy deformables.

No se encontró una gran influencia del tamaño de fibra en las propiedades de compresión, flexión y tensión, lo que no justificaría la selección de un solo tamaño de fibra, desechando la posibilidad de utilizar los demás. Puede utilizarse fibra desde 1 a 10 mm sin que se afecte la matriz, y es posible introducir al menos un 5%, cantidades mayores originan fragilidad(Bonilla, Trujillo, Guerra, Hugo, & López, 2009)

Una alternativa para mejorar la interfase es la impregnación de las fibras de refuerzo con matrices poliméricas compatibles. El quitosano puede ser empleado como polímero de impregnación, pues éste presenta una buena adhesión a diferentes tipos de superficie, una buena elasticidad y una gran resistencia al agua.(Paper, 2014)

Esto es posible realizarlo, pero es necesario tener en cuenta que la modificación en la longitud de las fibras puede afectar el comportamiento mecánico del compuesto y que no necesariamente corresponde al encontrado en los ensayos a tensión. (Gomez, 2013)

Termo gravimetría (TGA)

Es la rama de los análisis térmicos que examina el cambio de peso de una muestra en función de la temperatura. Este análisis permite determinar las temperaturas y la cinética de descomposición de los materiales.

Particularmente se representa la temperatura a la cual se inicia el proceso de degradación del sustrato denominada T_{d1} , y la T_{d2} que corresponde a la temperatura alcanzada en el punto mínimo del pico de la primera derivada de la curva del análisis, que representa la temperatura media de descomposición o temperatura a la máxima velocidad de descomposición. Además, se le utiliza para estimar el contenido de materiales residuales inertes que se obtienen generalmente en la ausencia de oxígeno (José Roberto Vega)

Industria Autopartista del Ecuador

En cuanto a fabricantes de partes automotrices existen varias empresas dedicadas, pero el estudio realizado por Cristina Escobar en 2016, demuestra que la producción anual de las autopartes más requeridas en mantenimiento preventivo no es abastecida, por lo que se recurre a las importaciones, habiendo en 2015 una demanda de 11.443.309 autopartes y se importaron 14.513.943, de cierta forma esto se da porque la importación desde china es más rentable que la fabricación nacional. (Escobar, 2016).

Biocompuestos en la industria automotriz

La empresa automotriz es una de las industria con más interés en el uso de fibras naturales en productos interiores como paneles de puertas y forros de cajuela, pues es aquí donde hay mayor necesidad, de acuerdo con un reporte del departamento de ambiente, comida y asuntos rurales (DEFRA) del Reino Unido, se espera un incremento del uso de fibras naturales en un 54% por año debido a que constructoras de autos tanto europeas como americanas han venido usándolo

para alcanzar objetivos ambientales. En Estados Unidos 1.5 millones de autos operan con el uso de fibras naturales como son, yute, cáñamo y kenaf como refuerzo de polímeros termoplásticos y termoendurecidos (Alves, et al., 2010).

El los vehículos en serie se están usando las fibras de manera común principalmente en los acabados de interiores, en el cual, no se requiere mucha fuerza ni durabilidad, con ello el uso de fibras naturales son más usadas para sustituir precios elevados de materiales como fibras de vidrio, carbono, etc. Espumas con el elemento base la soya, se utilizan en los asientos y respaldos del Toyota Matrix y RAV4, bioplásticos procedentes de la caña de azúcar en partes de la cajuela del Toyota CT200, poliuretanos fortalecidos con lino y sisal se usan en los paneles de las puertas delanteras y traseras del Audi A2, fibras de abacá robustecida con polipropileno son utilizados en la tapa de las llanta de emergencia de los Mercedes-Benz A-Class Coupe, en todos los asuntos ayudando a la disminución de peso. (Jawaid, Sapuan, & Alothman, 2016)

Tabla 3.

Compuestos de fibra natural en diferentes series de automotores

Material	Fibra	Resina	Parte preferida	En Producción
Fibrit HFFS	Fibra de madera	Dispersión de resina Acryl	IP, DP, Canal de aire	IP: Opel Astra, Zafira, Volvo V40 DP: Opel Astra, Zafira
Fibrowood	Mat de fibra de madera	Dispersión de resina Acryl	IP y DP, ajuste de asiento	IP: DC A-Class, New Compact car Mitsubishi Colt, Smart 44

				DP: New Compact Car Mitsubishi Colt, Opel Astra, DC DP, C219
Fibropur	Lino, cáñamo, mat de fibra de sisal	Polyuretano	DP	DP: DC S/E-Class
Fibra natural-EP	Mat de fibra de liber	Resina Epoxy	DP	DP: BMW 5 series
EcoCor	Liber/fibra PP	Fibra de PP (termoplástico)	DP, Insertos, Ajuste de asiento	Insertos: Renault Clio Ajuste de asiento: Opel Zafira DP: DC W 251
Polixil	Arina de madera (placas extruidas)	Fibra de PP (termoplástico)	DP	DP: Fiat Punto, Bravo, Alfa 147, 155
Fibre Tec	Fibra de coco	Latex	Tapiceria de asiento	DC: Varias series

Fuente. (Bledzki & Faruk, 2006)

Método

Esta investigación es de tipo aplicada, busca encontrar un posible sustituto a materiales tradicionales en partes mecánicas, la cual no solo responda a las necesidades mecánicas y ambientales, además que al ser producido con fibra de banano habitual del país, aporte a la generación de industrias nacionales y a la reducción de costos, la cosecha de la fibra es de tipo empírico por lo cual se hará una recopilación de información necesaria, se aplicará el método de medición tanto cuantitativo para la obtención de datos relevantes que permitan la caracterización del material como cualitativa para concluir su validez.

Proceso de Fabricación del Material Compuesto.

Existen varios procesos de fabricación de materiales compuestos como: estratificación manual, moldeo por extrusión, moldeo por inyección, compresión, transferencia de resina, aspersión (Guerrero, Davila, & Pontón, 2011).

Considerando que las probetas deben obtener buenos resultados con bajos costos, el proceso de fabricación elegido para la fabricación de probetas es mediante estratificación manual.

Estratificación manual. Es la técnica más antigua y fácil de aplicar para la obtención de materiales compuestos con matriz de resina, el material de refuerzo puede obtener distintas configuraciones como fibra corta, fibra continua tejida o no tejida y es adicionado en un porcentaje en volumen máximo del 40 % (Guerrero, Davila, & Pontón, 2011).

Entre las ventajas de este proceso se destaca, su simplicidad operacional lo cual permite elaborar elementos de distintos tamaños con alto contenido de refuerzo y baja inversión, en su proceso no requiere la aplicación de calor y sus reactivos son accesibles y económicos. Presenta la dificultad de controlar el espesor del elemento y un buen acabado solo en una de sus caras (Guerrero, Davila, & Pontón, 2011).

Proceso de Estratificación Manual.

Proceso de estratificación manual.

1. Al molde se le adiciona un agente de desmolde que puede ser una cera para retirar con facilidad la pieza final
2. Se aplica resina con una pistola de aspersión, con un rodillo o brocha.
3. Se coloca capas de refuerzo conjuntamente con resina preparada, además se pasa un rodillo o aprisionador para permitir que el refuerzo se impregne con la resina y así eliminar el aire comprimido y evitar imperfecciones en la pieza final.
4. Se deja que ocurra el tiempo de curado
5. Se retira la pieza del molde

Equipos

Los equipos para la formación de probetas de material compuesto de fibra de banano con resina, para desarrollar los ensayos que establece la norma ASTM D3039M-17 para tracción, ASTM D7264M-15 para flexión y ASTM E 1131 para termo gravimetría correspondientemente.

En la caracterización del material los ensayos se van a realizar según la especificación de la norma ASTM en el laboratorio de la Universidad Politécnica Nacional, mediante probetas normalizadas, para ello se utilizará una máquina troqueladora de probetas marca INSTRON mostrada en la figura 5.



Figura 5. Troqueladora de probetas, marca INSTRON (EPN, 2015)

Además, para los ensayos se utiliza una máquina universal de ensayos marca INSTRON como apreciamos en la Figura 6. permite realizar ensayos de tracción, flexión, compresión, desgarre, coeficiente de fricción, entre otros, sobre materiales plásticos y materiales compuestos. Es una máquina muy eficiente para estudiar el comportamiento mecánico de los materiales.



Figura 6. Máquina universal de ensayos, marca INSTRON (EPN, 2015)

Ensayos mecánicos

Para la caracterización mecánica del material compuesto se empezará por la recopilación de información sobre sus propiedades mecánicas, posteriormente se deberá realizar probetas de ensayo en moldes empezando por la definición de la fracción volumétrica y orientación para posteriormente generar probetas de flexión y tracción según las normas ASTM D 3039 y ASTM D 7264.

Con las probetas se podrá medir la fuerza a la tracción, flexibilidad e impacto del material compuesto, utilizando el equipo apropiado según las normas ASTM antes establecidas, además de la realización de micrografías para conocer cuál es su respuesta a la rotura, arrojando resultados que permitirán simular al compuesto mediante un software especializado y cuantificado esta información estadísticamente. (Delgado, 2012)

Caracterización de la fibra

Se empieza por tomar medidas de las hebras extraídas en longitud y diámetro, para posteriormente llevarla a ser tamizada y con esto realizar su análisis por termo gravimetría para conocer su composición y degradación, también será examinada por microscopía electrónica de barrido y así determinar si su disposición es axial, longitudinal o ambas, pues esta característica influye en sus propiedades mecánicas y por último se observará su reacción ante la resina.

Tabla 4.
Variables y niveles

Caracterización mecánica de un material compuesto con fibra natural de banano y resina de poliéster para la aplicación en una moldura del panel del optra 1.8.		
Variable	Niveles	
	Tipo de material	Tipo de material
Material	Resina de Poliéster	Fibra de banano
	Resina de Poliéster	Fibra de banano
Porcentajes	95%	5%
	75%	25%
	Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño Katherine Torres. (2013). <i>Experimentación tecnológica de la Fibra de Banano aplicada al diseño de Objetos.</i>	Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño Katherine Torres. (2013). <i>Experimentación tecnológica de la Fibra de Banano aplicada al diseño de Objetos.</i>
	Tracción	Flexión
Ensayos Mecánicos	ASTM D3039M-17 Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz Paredes Salinas, J. G., Pérez Salinas, C. F., & Castro Miniguano, C. B. (2017).	ASTM D7264M-15 Estudio de la Biodegradación de un Material Compuesto Obtenido con Ácido Poliláctico (PLA) Reforzado con Fibra Corta de Abacá Hurtado, S. G. G., Almeida, F. L., & Barragán, V. H. G. (2015).
Ensayos Térmicos	Termo Gravimetría	
	ASTM E 1131	
	Análisis termo gravimétrico como un nuevo método para la determinación de contenido de un material compuesto Sandoval 2012	

Tracción de un Material

En ingeniería, se denomina tracción al esfuerzo interno a que está sometido un elemento por la aplicación de dos fuerzas que trabajan en sentido opuesto y tienden a estirarlo.

Lógicamente, se considera que las tensiones que tiene cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas son normales a esa sección, y poseen sentidos opuestos a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo. Es uno de los ensayos destructivos importantes para la determinación de las propiedades mecánicas de los materiales, en este ensayo el material se deforma hasta la rotura mediante la aplicación de una fuerza uniaxial a lo largo del eje principal. (Guerrero, Davila, & Pontón, 2011)

Es el esfuerzo producido por la intensidad de fuerza ejercida por unidad de área, como se observa en la ecuación 1

$$\sigma_{max} = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde:

σ_{max} = Esfuerzo máximo (MPa)

F = carga máxima o fuerza máxima (kgf - N)

A = Área de la sección transversal mm^2

Deformación. Se determina bajo la siguiente ecuación 2.

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_o}{l_o} \quad (2)$$

Donde:

ε = Elongación

l_f = Longitud final (mm)

l_o = Longitud inicial (mm)

Módulo de elasticidad. También denominado módulo de Young se determinó mediante la ecuación 3:

$$E = \frac{\sigma_{max}}{\varepsilon} \quad (3).$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad (MPa)

σ_{max} = Esfuerzo máximo (MPa)

ε = Elongación

Flexión. Este ensayo se realiza cuando la característica esfuerzo – deformación no puede ser determinada mediante tracción ya que algunos materiales presentan tres problemas, primero el espécimen posee una geometría difícil de preparar otra posibilidad es que sea difícil de agarrar sin fracturar porque algunos materiales son quebradizos, y al ultima es que el material falla después de solo 0.1 % de deformación (Callister, 2014).

Al presentarse estos problemas se opta por el ensayo de flexión que no es más que doblar una sección transversal circular o rectangular hasta la fractura usando la técnica de tres o cuatro puntos como se observa en la figura 7.

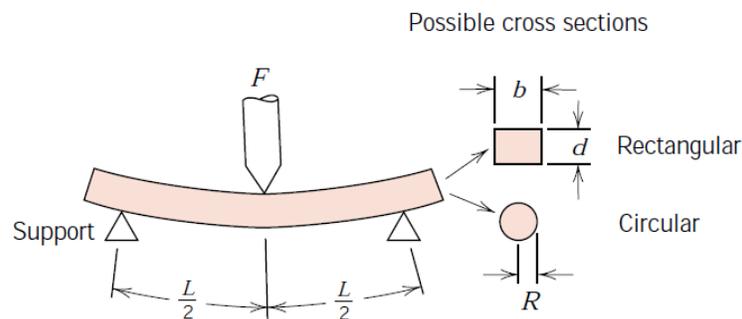


Figura 7. Esquema de ensayo a flexión. Fuente: (Callister, 2014)

Esfuerzo máximo a flexión Se representa en unidades de MPa y se determina mediante la ecuación 4:

$$\sigma_{maxf} = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (4)$$

Donde:

σ_{maxf} = Esfuerzo máximo de flexión (MPa)

F = Fuerza aplicada (N)

L = Longitud entre apoyos (mm)

h = Espesor de la probeta (mm)

Tipos de Investigación

Para el presente trabajo se va a utilizar distintos tipos de investigación que ayudaran a la obtención de los resultados esperados detallados a continuación:

Se va a aplicar una investigación exploratoria, donde se toman referencias de fuentes de apoyo como artículos científicos, libros, revistas, tesis. Conjuntamente, se aplica esta investigación para determinar los tipos de normas, los ensayos requeridos para el desarrollo del proyecto y para caracterizar el material. (Moyano J. , 2018)

Se establece una investigación explicativa con los resultados obtenidos en los laboratorios de resistencia de materiales ya mencionados, de estos resultados se permite desarrollar un razonamiento deductivo para la determinación de la factibilidad de utilizar las membranas en la industria automotriz.

Se usa con fines comparativos una simulación utilizando el software Inventor Autodesk, para la determinación de una aplicación en una autoparte automotriz.

Simulación Computacional

Para sustentar el análisis de las pruebas realizadas al nuevo material se llevará a cabo simulaciones computacionales con la geometría de la moldura y con las características requeridas de funcionamiento en el panel, con lo cual se va a realizar las comprobaciones entre el material original y el material propuesto, para ello vamos a dividir el proceso en dos partes.

Para la simulación de la moldura en la primera parte se realiza el CAD con las condiciones físicas del material y de simulación:

Tabla 5.
Condiciones de Simulación

Condiciones de Simulación		
Nombre del Material	Plástico ABS	
General	Densidad de Masa	1,06 g/cm ³
	Fuerza de Rendimiento	20 Mpa
	Resistencia a la tracción máxima	29,6 Mpa
Stress	Módulo de Young	2,24 Gpa
	Radio de Poisson	0,38
	Módulo de Corte	0,811594 Gpa

Tabla 6.
Condiciones Físicas del Material

Condiciones Físicas	
Material	Plastic ABS
Densidad	1 g/cm ³
Masa	0,0445567 Kg
Area	59953,5 mm ²

Volumen	44556,7 mm ³
	x=1,3534 mm
Centro de Gravedad	y= -0,455279 mm
	z= 6,2681 mm

Mallado

El mallado es sumamente importante y fundamental del proceso, de este depende la calidad y la apreciación de los resultados en la tabla 7 se muestran los rangos para la finesa de la malla medidas del 0 al 1 esto se puede interpretar que mientras más se acerca al cero la precisión será mejor, por lo cual el mallado será más fino y por ende más nodos o puntos de verificación (Inbaquingo,2016).

Tabla 7
Rangos de mallado

Rango	Tamaño de Malla	Valor
10	1.05e-5	Muy malo
9	9.05e-4	Malo
7.5	7.56e-4	pobre
5	5.02e-4	Razonable
2.5	2.51e-4	Bueno
0 a 2	1.67e-4	Excelente

Fuente: (Ansys,2018)

Un mallado fino involucra mayor cantidad de puntos de verificación, con ello mejora los resultados y son más precisos, por lo tanto, el proceso se va a demorar mucho más en procesar, se tomó un rango de 2 el cual es excelente de tal forma proyecta mejores resultados para la futura simulación.



Figura 8 . Mallado de la moldura.

Análisis

Con el fin de verificar el comportamiento de los materiales analizaremos el factor de seguridad, el desplazamiento en cada nodo y las tensiones máximas para cada uno de los casos, para lo cual se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El Factor de seguridad es la incertidumbre a considerar por cualquier eventualidad en los sistemas a simular donde se divide la resistencia real del material y la resistencia requerida la cual en materiales geosintéticos no debe ser menor a 2 (Cano, 2011).

La Tensión de Von Mises se asocia al fallo elástico que sufrirá el material después de su distorsión en pocas palabras si la tensión de Von Mises supera a la tensión de fluencia en la prueba el material fallará (Pereiras,2018).

Desplazamiento se verifica que los desplazamientos son lo adecuadamente pequeños para que no se tenga en cuenta la rigidez causada por la presión (Carman, 2018).

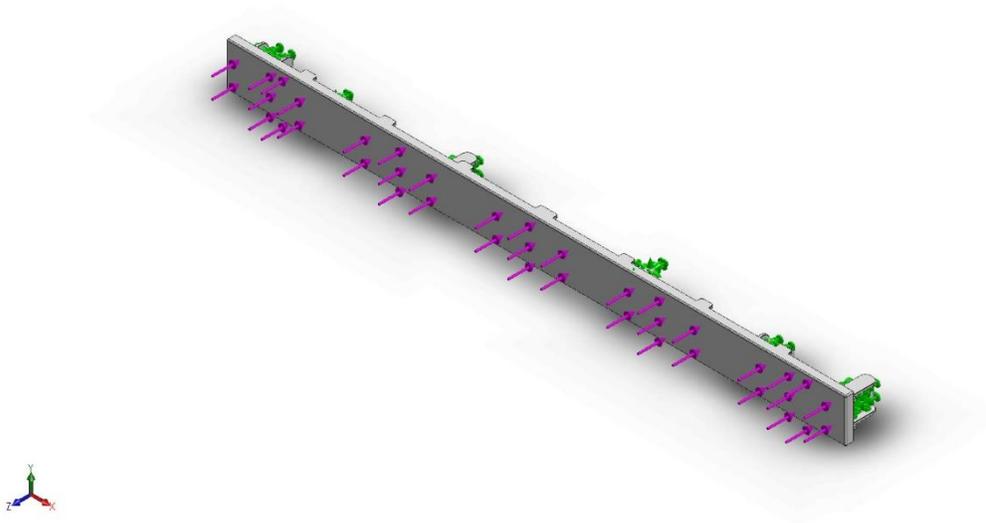


Figura 9. Asignación de cargas, Fuerzas, Fuente: Autor.

En la siguiente Tabla 8 muestra los datos obtenidos del mallado el tiempo total de ejecución del análisis y el porcentaje de la malla analizada, se puede ver que el tiempo de análisis es cercano a la 30 hora.

Tabla 8
Información del Mallado y tiempo total de análisis

Descripción	Valor
Número total de nodos	67521
Número total de elementos	33341
Cociente máximo de aspecto	9,2139
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97,7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0

Tipo de malla	Malla sólida
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Tiempo para completar la malla y análisis (hh:mm:ss):	00:25:13
Nombre de computadora:	Jorgin

Fuente: Autor

En la segunda parte se procede a escribir el proceso para llegar a la simulación de la moldura del panel la cual se la divide en dos fases que se detallan a continuación:

Pasos para la simulación fase 1:

1. Se genera el modelo CAD en software, el cual nos permite recrear el modelo original de la moldura del panel a estudiar en archivo 3D para su post procesamiento en el módulo de análisis de esfuerzos del mismo programa como podemos observar en la figura 10 A.
2. En la imagen 10B se procede a abrir el módulo de análisis estructural del software de simulación.
3. Después se ubican los parámetros para crear un nuevo estudio como se indica en la imagen 10C que son el tipo de estudio, tolerancia, entre otros.
4. Una vez en el entorno de simulación se procede a asignar el material a la moldura del panel como se observa en la imagen 10D.
5. En primera instancia se colocan las restricciones de fijación de la moldura que se ubican en las bases debido a que ahí se va a tener los esfuerzos, como se muestra en la figura 10E Y 10F.

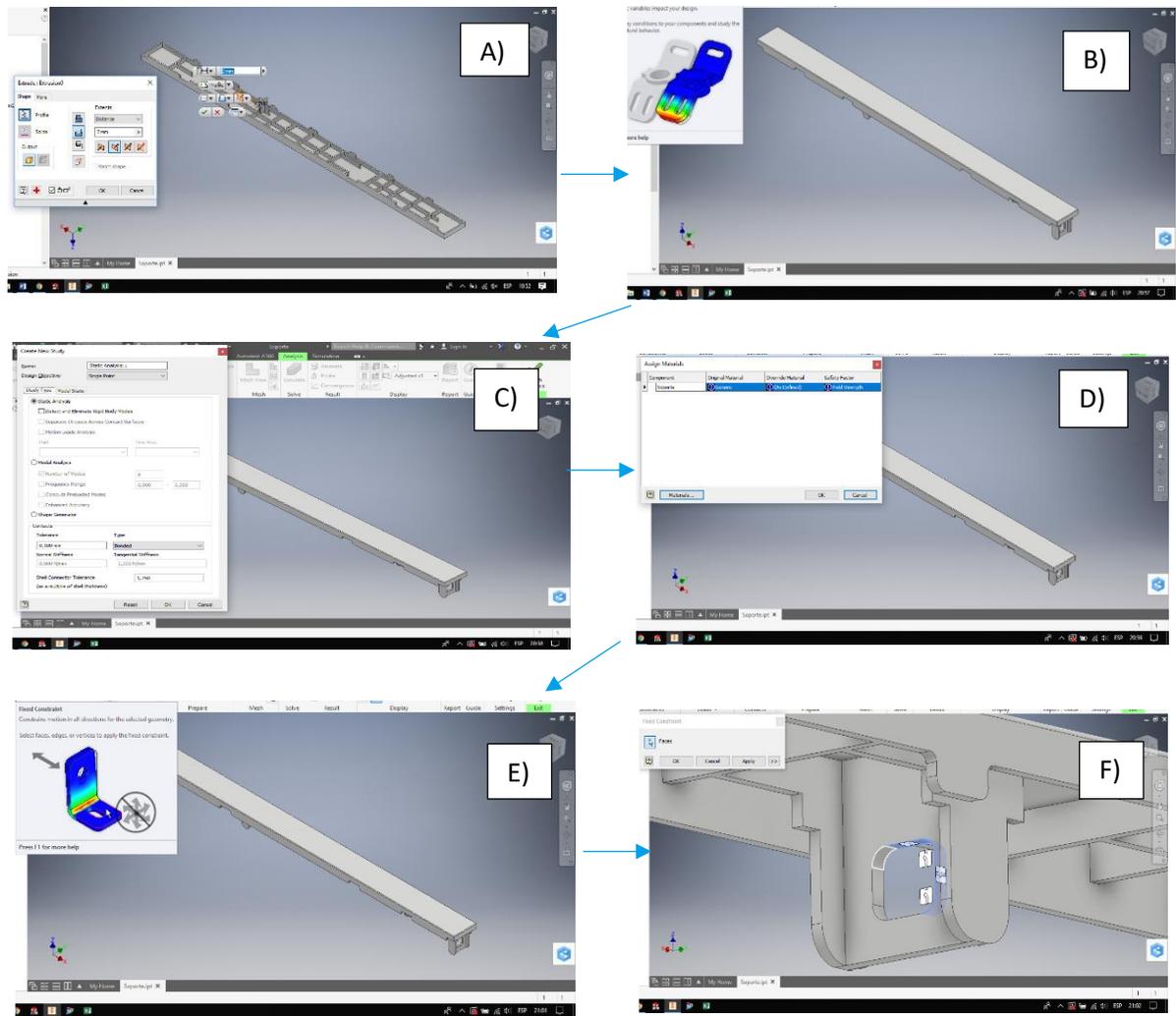


Figura 10. Descripción de la simulación fase 1

Después seguimos con la segunda fase para la simulación, donde se va a obtener los resultados, para lo cual continuamos con el siguiente proceso:

6. Se asigna la ubicación y la magnitud de la presión ejercida sobre la moldura del panel de 74.5 Mpa como se muestra en la figura 11A.
7. Se realiza la configuración del mallado de la moldura, el cual debe ser de tipo tetraédrico debido a la geometría de la moldura, el tamaño de la malla es calculado por el software, mismo que lo ha definido en 5.82mm mostrado en la figura 11B.

8. Una vez configurado todos los parámetros se procede a resolver la simulación como se mira en la figura 11C, el software empieza a resolver figura 11C y llegando la resolución de la simulación de la moldura observando en la imagen 11D.

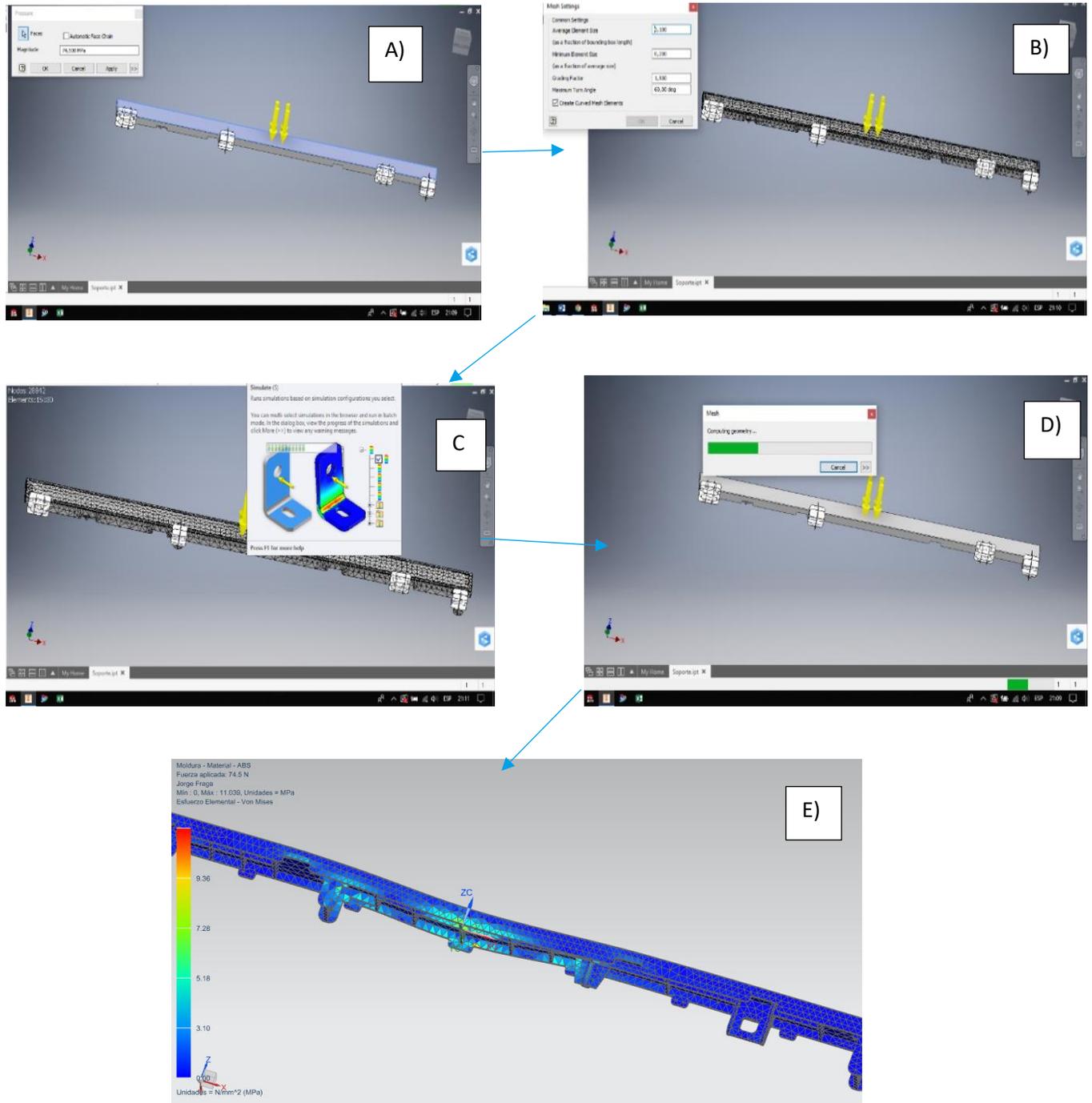


Figura 11 Pasos para llegar a la Simulación.

Resultados de Simulación.

La ejecución de una simulación genera un conjunto de resultados para todas las combinaciones de las variables definidas. Antes de realizar la simulación, se realiza diferentes pasos para definir los parámetros del análisis los cuales se detallaron en la figura 10 y 11, obteniendo detalles como el desplazamiento, factor de seguridad, etc.

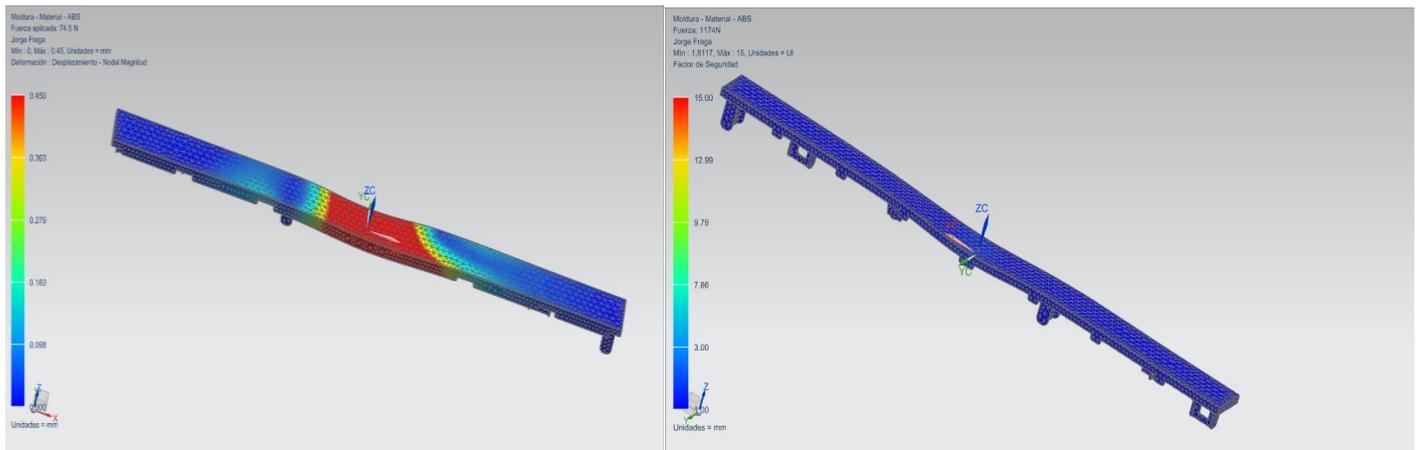


Figura 12. Resultados de Desplazamiento y Factor de Seguridad en la Simulación

Resultados

En esta etapa se procede a mostrar los resultados de los ensayos realizados al material compuesto de resina de poliéster y fibra de banano según las normas ASTM, también de las simulaciones realizadas en el software, donde se van a mostrar las propiedades mecánicas como deformación máxima entre otros.

Resultados de la simulación con el material original plástico ABS.

En esta parte se modeló la moldura del panel del Chevrolet optra 1.8 mediante el software, para el dimensionamiento de la moldura se utilizó las medidas reales adquiridas por el fabricante,

las cuales se obtuvieron sacando la pieza real del vehículo en estudio, por lo tanto, el modelo no va a presentar datos erróneos por las dimensiones.

En la tabla 9 se pueden evidenciar los resultados en el material original (plástico ABS), siendo este el primer objeto de la simulación.

Tabla 9
Resultados de la Simulación con ABS

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	44556,7 mm ³	
Masa	0,0472301 Kg	
Von Mises	0,00356922 Mpa	11,0393 Mpa
Desplazamiento	0 mm	0,449777 mm
Factor de Seguridad	1,81171 ul	15 ul
Esfuerzo XX	-6,35073 MPa	5,85212 MPa
Esfuerzo XY	-2,02325 MPa	1,31393 MPa
Esfuerzo XZ	-2,44003 MPa	3,15711 MPa
Esfuerzo YY	-11,113 MPa	6,45268 MPa
Esfuerzo YZ	-1,42188 MPa	5,11451 Mpa
Esfuerzo ZZ	-10,0827 MPa	4,36256 Mpa
Desplazamiento X	-0,0470581 mm	0,0379796 mm
Desplazamiento Y	-0,0448999 mm	0,129916 mm
Desplazamiento Z	-0,449264 mm	0,0336615 mm
Tensión Equivalente	0,00000148679 ul	0,00460809 ul
Tensión XX	-0,00242004 ul	0,00232069 ul
Tensión XY	-0,00124647 ul	0,000809472 ul
Tensión XZ	-0,00150323 ul	0,00194501 ul
Tensión YY	-0,00420398 ul	0,00165304 ul
Tensión YZ	-0,000875978 ul	0,0031509 ul
Tensión ZZ	-0,00344721 ul	0,00284622 ul

Después de la simulación se presenta en la figura 13 el esfuerzo de Von Mises con el material original.

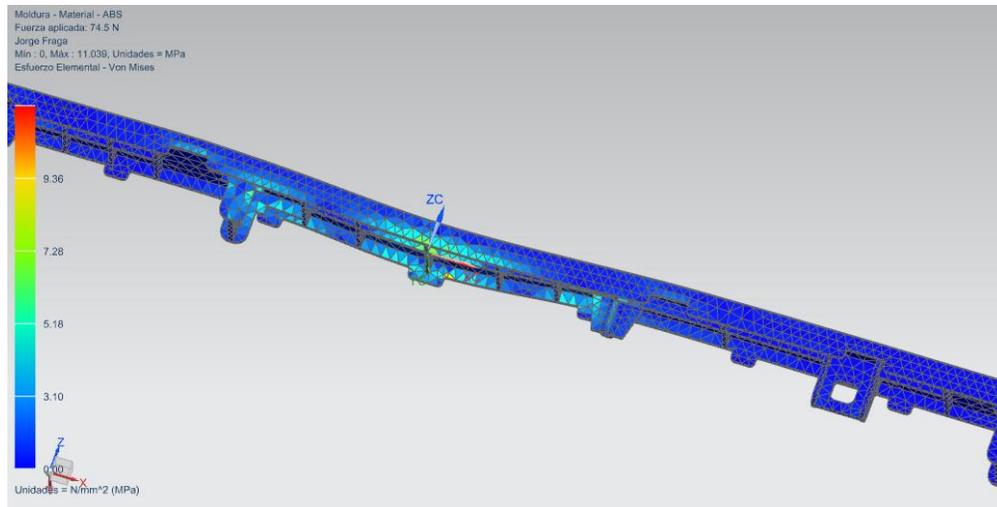


Figura 13. Esfuerzo de Von Mises

En la siguiente figura 14 se observa el desplazamiento que sufre la moldura en la simulación.

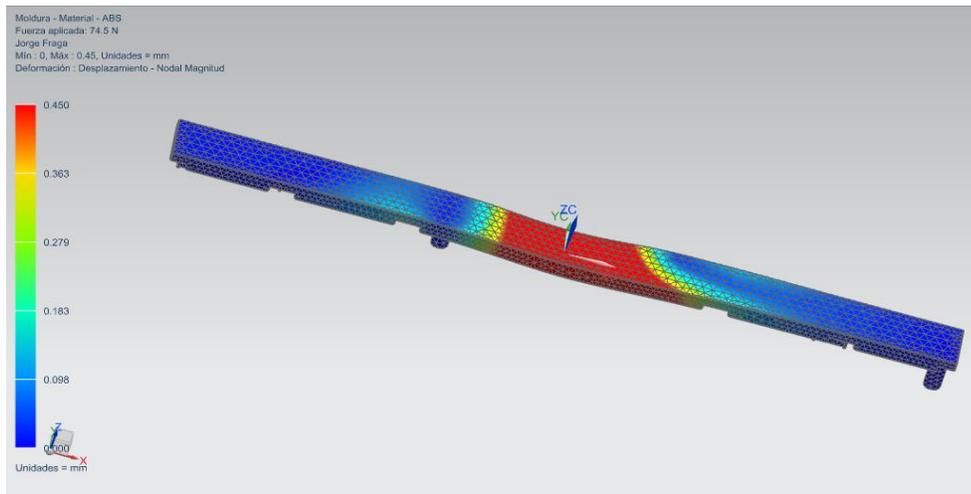


Figura 14. Desplazamiento de la moldura

En la figura 15 se observa el factor de seguridad que tiene la moldura del panel.

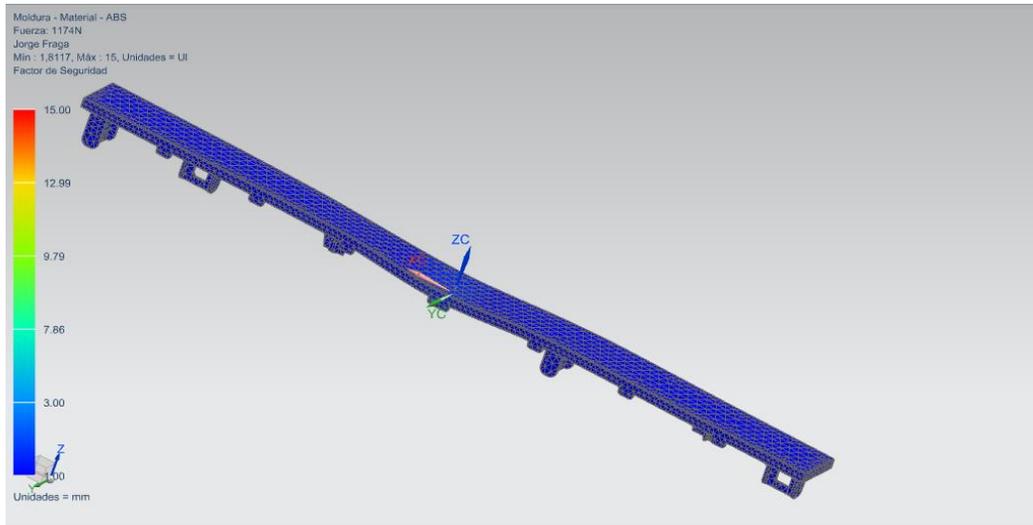


Figura 15. Factor de Seguridad

Convergencia de datos de simulación.

Los datos arrojados por el software luego de la simulación realizan un análisis de convergencia de datos obtenidos por el mismo software, donde indican el punto de convergencia estable, al momento de encontrar los resultados.

Trazado de convergencia

El trazado de convergencia muestra el trazado en un cuadro de diálogo mostrando lo siguiente:

- El número de refinados requerido para que la solución converja si se ha alcanzado la convergencia.
- Los valores asociados con cada refinado.

A continuación, en la figura 16 se muestra el resultado de la convergencia del análisis.

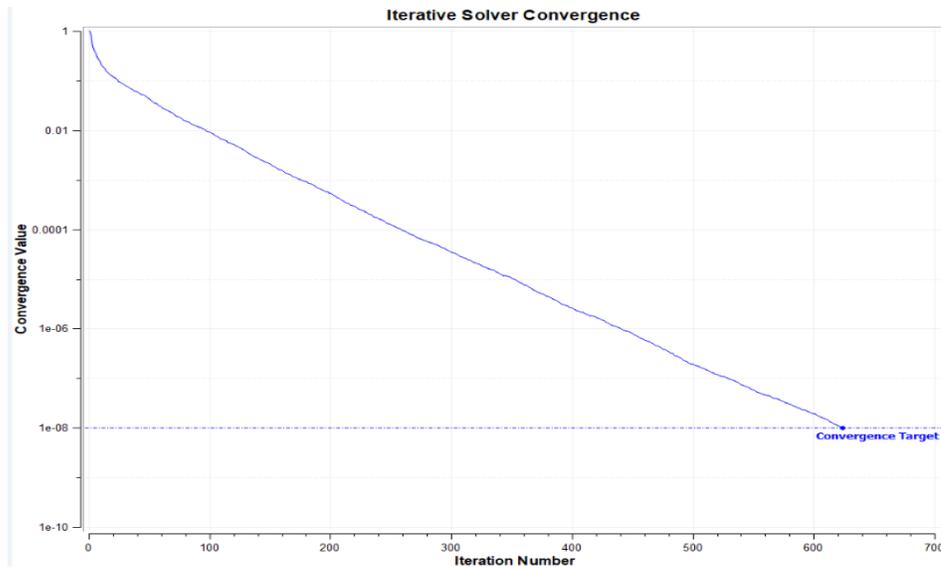


Figura 16. Análisis de Convergencia

Caracterización de la resina de poliéster.

En la siguiente tabla 6 se establecen los datos adquiridos en el ensayo de tracción de la resina de poliéster bajo la norma ASTM 3039.

Tabla 10.
Ensayo a tracción

DATOS Y RESULTADOS					
RESINA DE POLIÉSTER					
N°	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Elongación (mm)	Módulo de Elasticidad (Mpa)
1	72,21	0,303	11,4	0,074	153,09
2	72,83	0,301	11,5	0,063	180,76
3	63,73	0,259	10,06	0,102	98,51
4	68,57	0,283	10,82	0,084	128,42
5	71,07	0,302	11,22	0,07	130,26
Promedio	69,682	0,2896	11	0,0786	138,208
Desv. Estándar	2,96	0,015	0,47	0,011	22,43

En el ensayo a tracción de la resina de poliéster podemos observar la carga máxima donde el promedio de los ensayos es de 69.68 Kg, y en deformación es de 0.28 mm, por lo que resulta ser un buen material para una matriz, además el esfuerzo máximo promedio es de 11 MPa, y el módulo de elasticidad promedio es de 138.20 MPa.

En la siguiente figura 17 se representan los valores de esfuerzo máximo y del módulo de elasticidad.

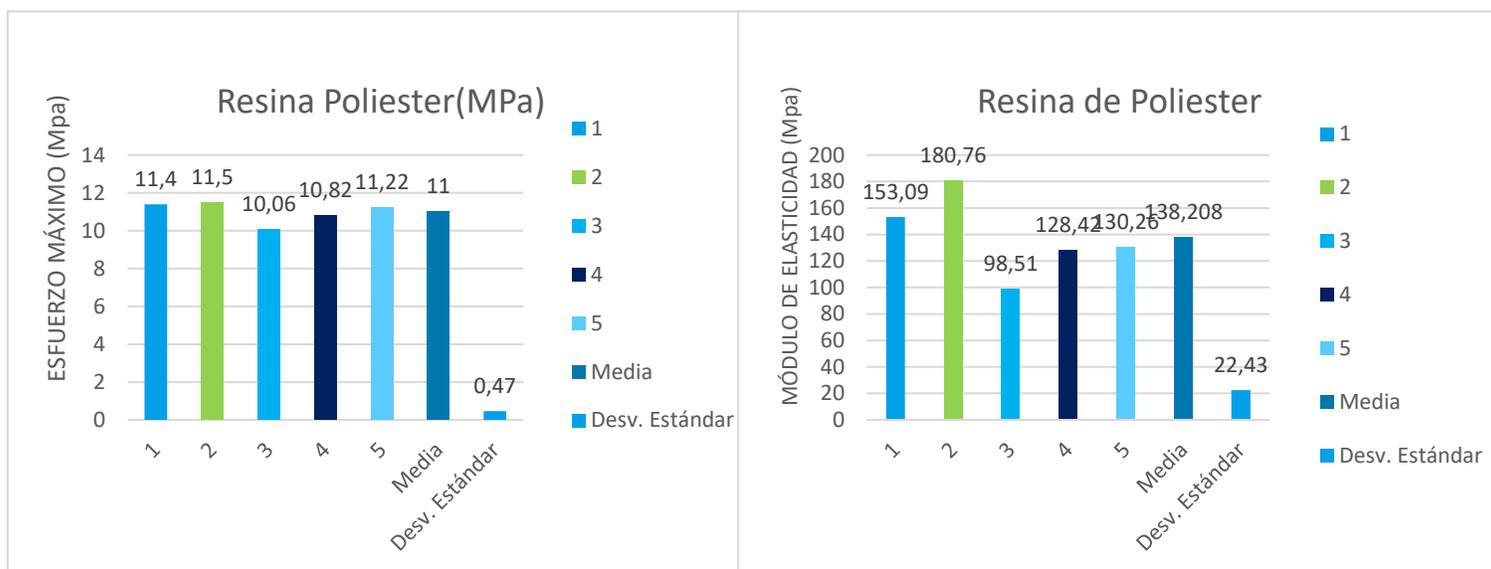


Figura 17. Esfuerzo máximo y Módulo de elasticidad.

En la tabla 9 se representan los datos obtenidos en el ensayo de flexión de la resina de poliéster, bajo la norma ASTM D-7264.

Tabla 11.
Ensayo a Flexión

DATOS Y RESULTADOS	
RESINA DE POLIÉSTER	

N°	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo de Flexión (Mpa)
1	9,56	24,51	73,79	2456,18
2	8,52	21,77	65,81	2466,12
3	9,53	23,97	73,81	2506,23
4	8,61	23,03	66,33	2456,35
5	9,48	24,27	65,42	2470,05
Promedio	9,14	23,51	69,032	2470,98
Desv. Estándar	0,72	1,62	3,87	23,43

En el ensayo a flexión nos presenta valores en su carga máxima donde el promedio es de 9,14 Kg, la deformación máxima promedio es de 23.51 mm, el módulo de flexión promedio es de 2470.98 MPa, para la obtención de estos promedios se realizó el ensayo a 5 probetas, en donde también encontramos la desviación estándar para cada prueba realizada.

En la figura 16 se representan los valores de esfuerzo máximo y del módulo de elasticidad.

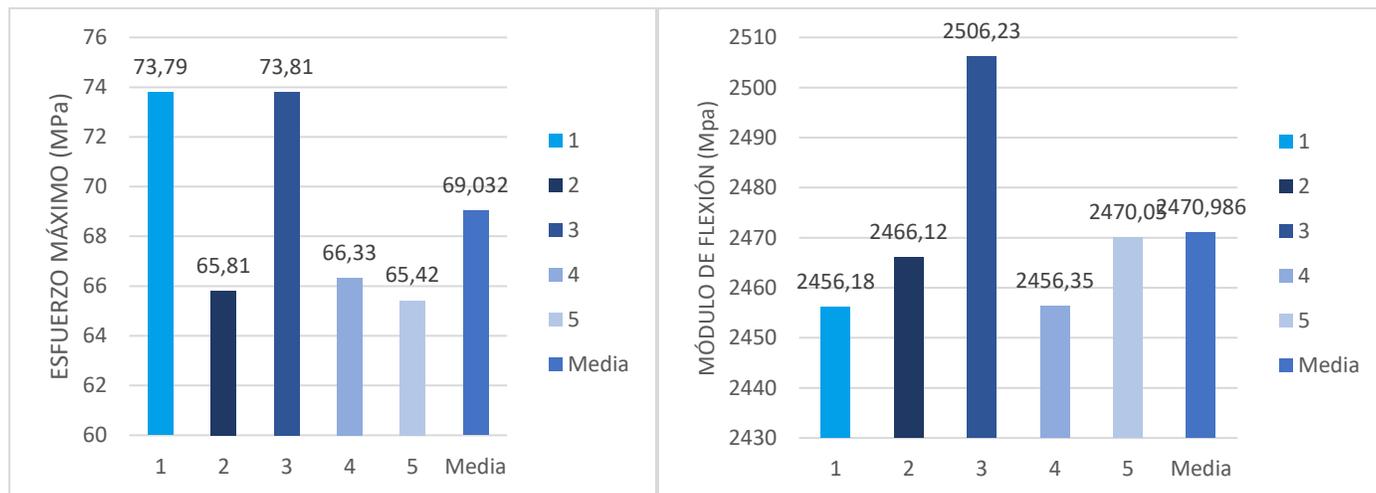


Figura 18 . Esfuerzo máximo y módulo de elasticidad de la resina de poliéster.

Caracterización del material compuesto de resina de poliéster y fibra de banano.

Para los ensayos de tracción y flexión se utilizaron distintos porcentajes de fibra de banano y resina de poliéster los cuales nos permiten ver cual es el más óptimo para la construcción de la moldura del panel.

Resultados del ensayo a tracción.

Para las pruebas de tracción del material compuesto de fibra de banano 5% y la resina de poliéster 95%, también se representa la segunda configuración con fibra al 25% y la resina al 75%, se presentan los valores obtenidos de carga máxima, deformación, esfuerzo máximo y módulo de elasticidad, las cuales se observan en la tabla 10 y 11 respectivamente.

Tabla 12.
Datos de ensayo a tracción fibra 5%

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK				
MATERIAL COMPUESTO - FIBRA DE BANANO Y RESINA				
Matriz	Resina de poliéster	Frac. Volumétrica	95%	
Refuerzo	Fibra de banano	Frac. Volumétrica	5%	
DATOS Y RESULTADOS				
N°	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)
1	50,42	0,232	6,81	72,26
2	46,18	0,188	6,15	61,27
3	50,12	0,203	6,77	67,23
4	48,35	0,195	6,12	63,21
5	49,15	0,215	6,54	61,93
Promedio	48,844	0,2066	6,478	65,18
Desv. Estándar	1,70	0,017	0,33	4,58

Tabla 13.
 Datos de ensayo a tracción fibra 25%

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK				
MATERIAL COMPUESTO - FIBRA DE BANANO Y RESINA				
Matriz	Resina de poliéster	Frac. Volumétrica	75%	
Refuerzo	Fibra de banano	Frac. Volumétrica	25%	
DATOS Y RESULTADOS				
N°	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)
1	143,68	0,712	20,87	844,25
2	140,64	0,693	19,78	840,44
3	142,25	0,701	21,27	842,24
4	137,78	0,675	17,28	817,76
5	138,53	0,683	18,12	807,26
Promedio	140,576	0,6928	19,464	830,39
Desv. Estándar	2,47	0,015	1,73	16,79

En las siguientes figuras se encuentra el esfuerzo máximo y el módulo de elasticidad alcanzado por los ensayos realizados, además se representa el promedio de los mismos.

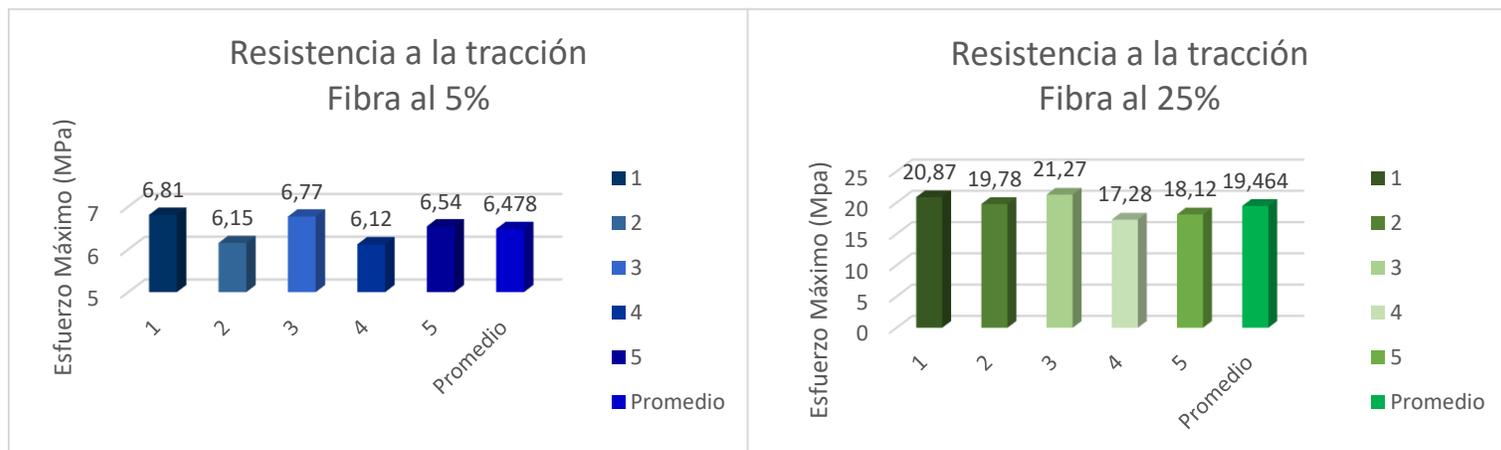


Figura 19. Esfuerzo máximo a tracción de las dos configuraciones

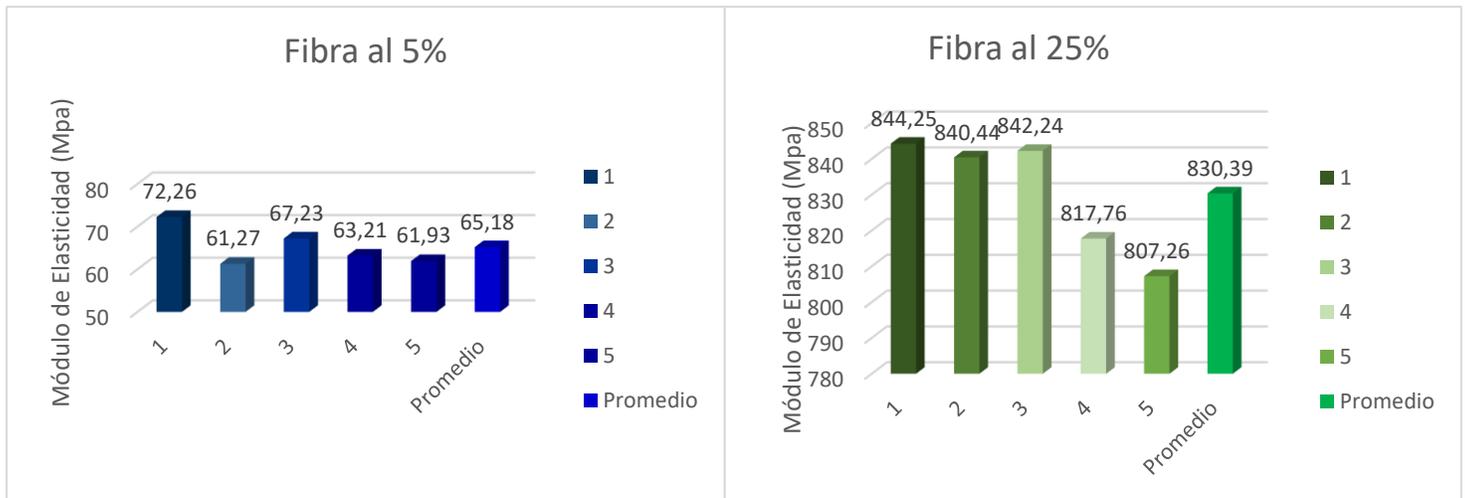


Figura 20. Módulo de elasticidad de las dos configuraciones.

Para mejor visualización de los datos obtenidos se representa en la siguiente tabla y gráfico los promedios obtenidos de cada una de las configuraciones realizadas, tanto como el esfuerzo máximo y el módulo de elasticidad.

Tabla 14.
Promedio ensayo a tracción.

RESULTADOS PROMEDIO DE ENSAYO A TRACCIÓN				
Configuración	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)
Fibra 5%	48,844	0,2066	6,478	65,18
Fibra 25%	140,576	0,6928	19,464	830,39

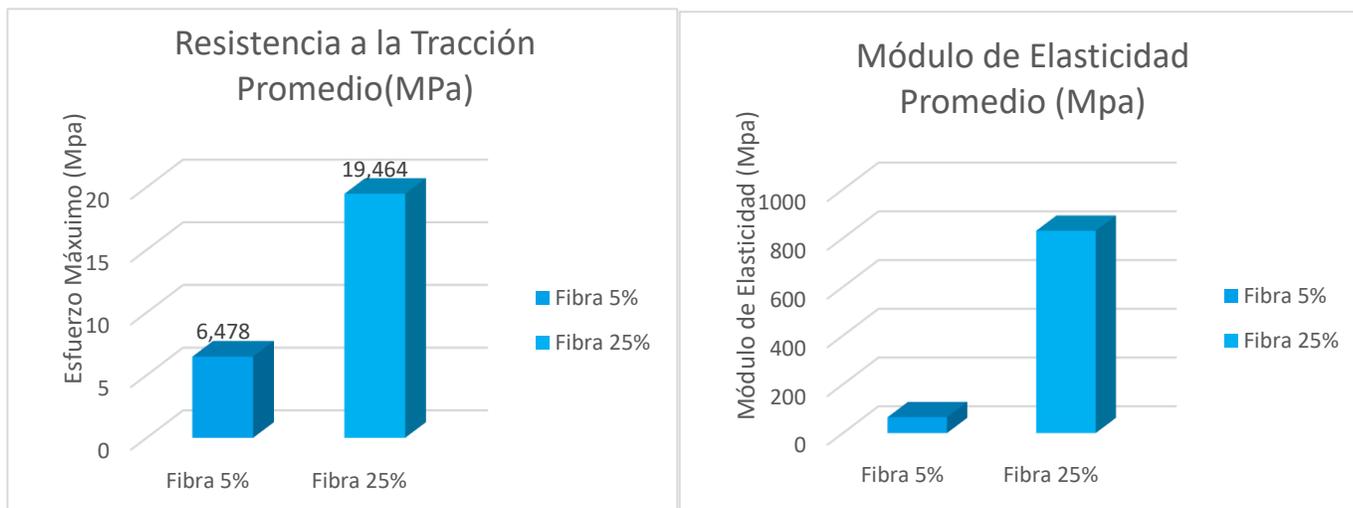


Figura 21. Resultados Promedio del ensayo a tracción.

Resultados del ensayo a flexión.

Para las pruebas de flexión del material compuesto de fibra de banano y la resina de poliéster, en ambas configuraciones detalladas anteriormente, se presentan los valores obtenidos de carga máxima, deformación, esfuerzo máximo y módulo de flexión, las cuales se observan en la tabla 13 y 14 respectivamente.

Tabla 15.

Datos de ensayo a flexión con fibra 5%

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK				
MATERIAL COMPUESTO - FIBRA DE BANANO Y RESINA				
Matriz	Resina de poliéster	Frac. Volumétrica	95%	
Refuerzo	Fibra de banano	Frac. Volumétrica	5%	
DATOS Y RESULTADOS				
N°	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo de Flexión (Mpa)
1	12,74	10,03	93,57	7467,1
2	12,83	10,18	93,74	7487,29
3	12,29	9,79	92,63	7436,15
4	12,72	9,97	93,46	7466,85

5	11,95	8,84	91,73	7387,28
Promedio	12,506	9,762	93,026	7448,934
Desv. Estándar	0,37	0,534	0,84	39,01

Tabla 16.

Datos de ensayo a flexión con fibra 25%

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK				
MATERIAL COMPUESTO - FIBRA DE BANANO Y RESINA				
Matriz	Resina de poliéster	Frac. Volumétrica	75%	
Refuerzo	Fibra de banano	Frac. Volumétrica	25%	
DATOS Y RESULTADOS				
N°	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo de Flexión (Mpa)
1	14,28	14,97	123,29	7170,27
2	12,78	11,87	112,32	6989,67
3	13,26	12,74	118,27	7027,18
4	14,12	14,58	122,73	7163,28
5	13,75	13,84	117,24	7077,75
Promedio	13,638	13,6	118,77	7085,63
Desv. Estándar	0,62	1,287	4,48	80,44

En las figuras 20 y 21 se encuentra el esfuerzo máximo y el módulo de flexión alcanzado por los ensayos realizados, además se representa el promedio de los mismos.

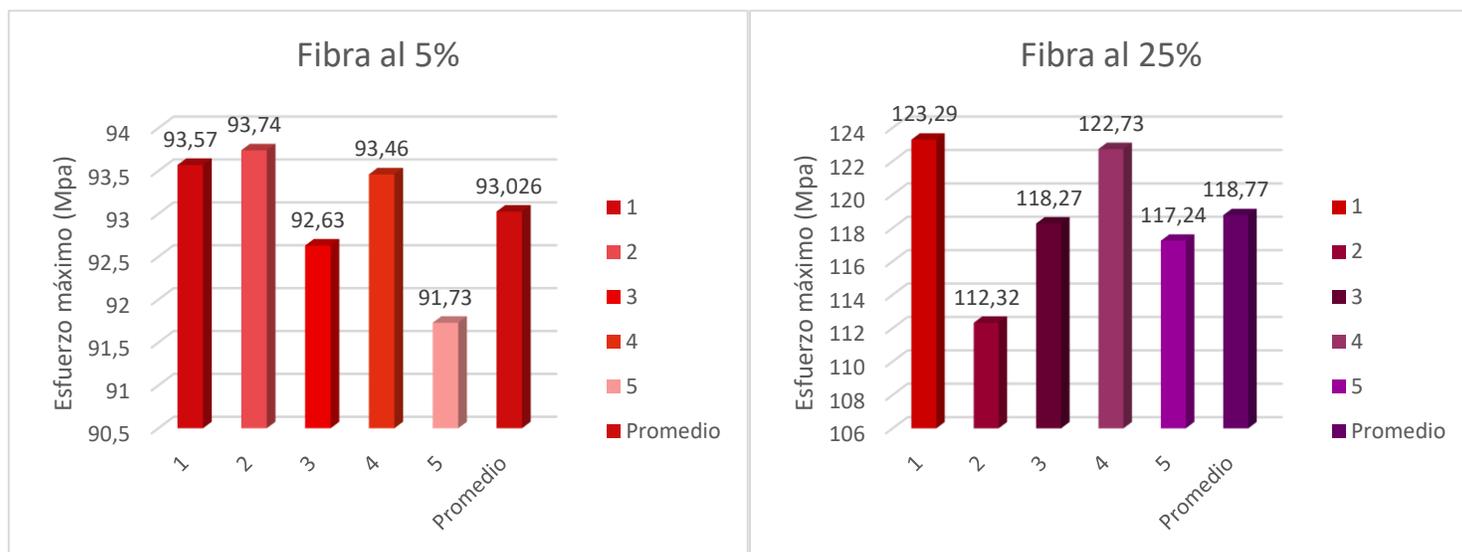


Figura 22. Esfuerzo máximo a flexión de ambas configuraciones.

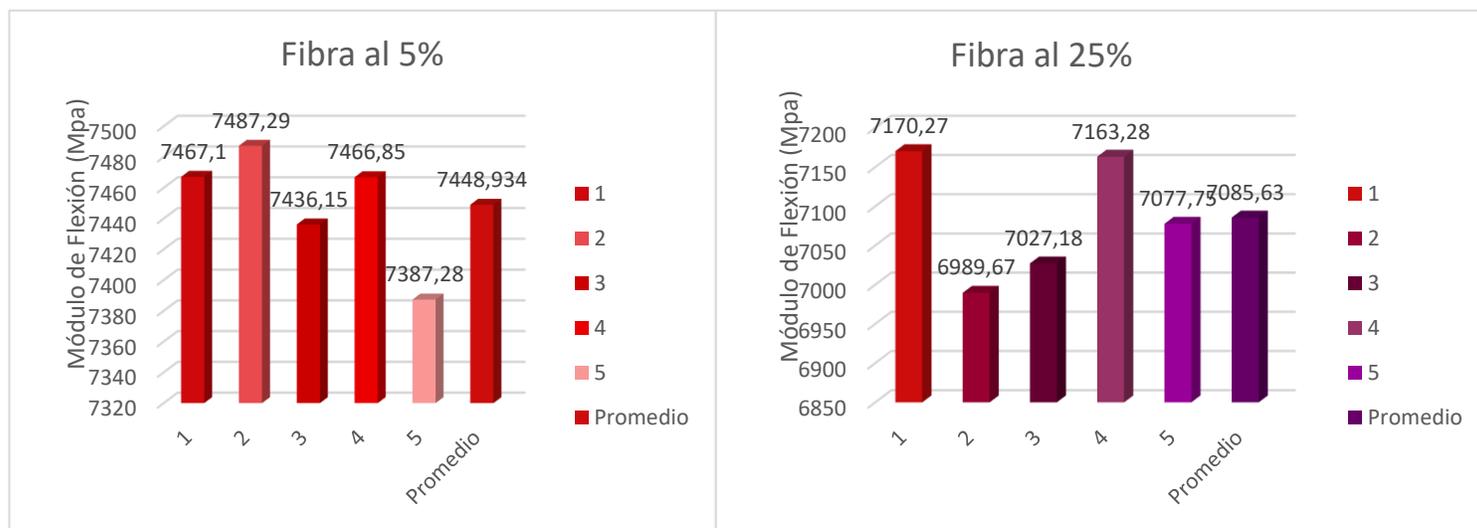


Figura 23. Esfuerzo máximo a elasticidad de ambas configuraciones.

Para mejor visualización de los datos obtenidos se representa en la siguiente tabla y gráfico los promedios obtenidos de cada una de las configuraciones realizadas, tanto como el esfuerzo máximo y el módulo de flexión.

Tabla 17.
Promedio ensayo a flexión

RESULTADOS PROMEDIO DE ENSAYO A FLEXIÓN				
Configuración	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)
Fibra 5%	12,506	9,762	93,026	7448,934
Fibra 25%	13,638	13,6	118,77	7045,63

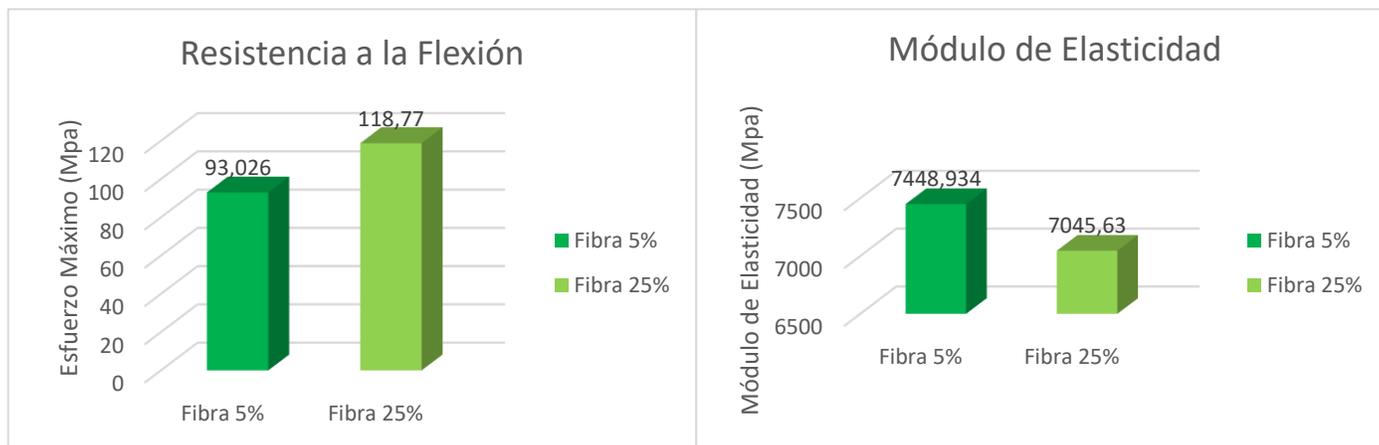


Figura 24. Resultados promedio del ensayo a flexión.

Resultados de la simulación con el material compuesto de resina de poliéster y fibra de banano.

Con los datos del nuevo material caracterizado, en esta parte se va a simular la moldura del panel del Chevrolet optra 1.8 mediante el software inventor autodesk, utilizamos el CAD realizado y se cambia de material. Para el dimensionamiento de la moldura se utilizó las medidas reales adquiridas por el fabricante, las cuales se obtuvieron sacando la pieza real del vehículo en estudio, por lo tanto, el modelo no va a presentar datos erróneos por las dimensiones.

En la tabla 16 se pueden evidenciar los resultados del material compuesto, siendo este el objeto de la simulación.

Tabla 18.
Resultados de la Simulación con Fibra de banano

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	44556,7 mm ³	
Masa	0,0437567 Kg	
Von Mises	0,00362682 Mpa	11,6413 Mpa
Desplazamiento	0 mm	1,27364 mm
Factor de Seguridad	0,09953 ul	15 ul
Esfuerzo XX	-1,88411 MPa	5,65639 MPa
Esfuerzo XY	-0,24947 MPa	1,31353 MPa
Esfuerzo XZ	-0,51009 MPa	3,22429 Mpa
Esfuerzo YY	-1,73691 MPa	4,82088 MPa
Esfuerzo YZ	-0,60568 MPa	4,95713 Mpa
Esfuerzo ZZ	-1,62299 MPa	2,66246 Mpa
Desplazamiento X	-0,68723 mm	1,33373 mm
Desplazamiento Y	-0,55521 mm	4,65484 mm
Desplazamiento Z	-2,59796 mm	1,12191 mm
Tensión Equivalente	0,0000713246 ul	0,0161507 ul
Tensión XX	-0,0072618 ul	0,0837143 ul
Tensión XY	-0,0770677 ul	0,0208849 ul
Tensión XZ	-0,0268539 ul	0,05638 ul
Tensión YY	-0,0149609 ul	0,0719438 ul
Tensión YZ	-0,0278866 ul	0,0860929 ul
Tensión ZZ	-0,0142483 ul	0,0414986 ul

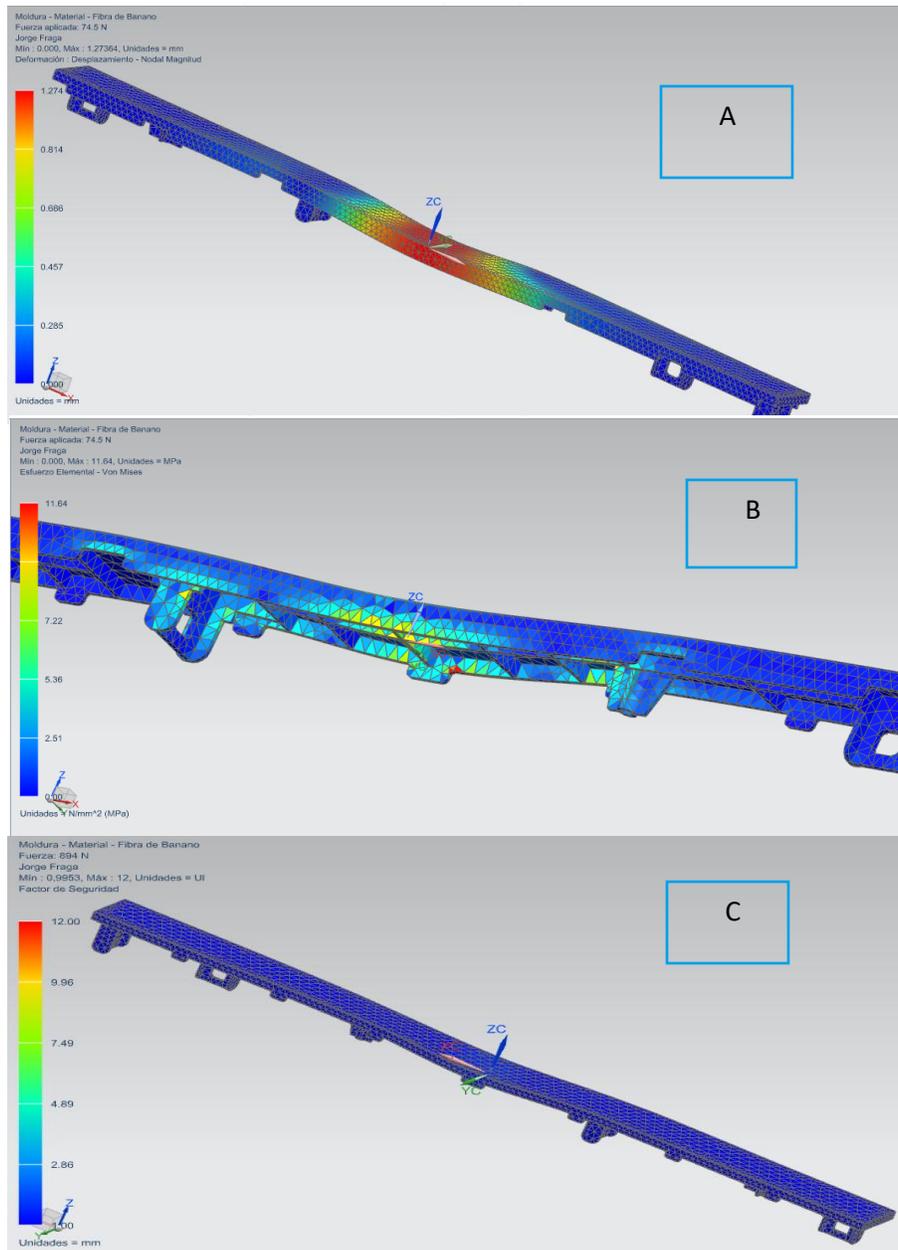


Figura 25. Resultados de la simulación con el material caracterizado.

En la figura 23 en el literal A se encuentra el desplazamiento con el material caracterizado teniendo valores 1,2 en el valor máximo, en el literal B, se visualiza el esfuerzo de Von Mises con valores de 11,6 MPa en su máximo esfuerzo y en el literal C, se encuentra el factor de seguridad con un valor de 12 en su máxima seguridad.

Resultados de Termogravimetría.

En la figura 24 se indica la gráfica de cómo se da la pérdida de peso vs el incremento de temperatura. Al iniciar la prueba la fibra tiene una temperatura de 27.56°C, al finalizar la primera prueba tiene una temperatura de 125.48°C y su peso se ha visto reducida al 4.4%, siendo esto 0.247 mg, con esto comprobamos que el material no va a sufrir cambios debido a que la temperatura en el habitáculo de un vehículo no supera la temperatura promedio, con esto nos damos cuenta que el material caracterizado es idóneo para la elaboración de la moldura.

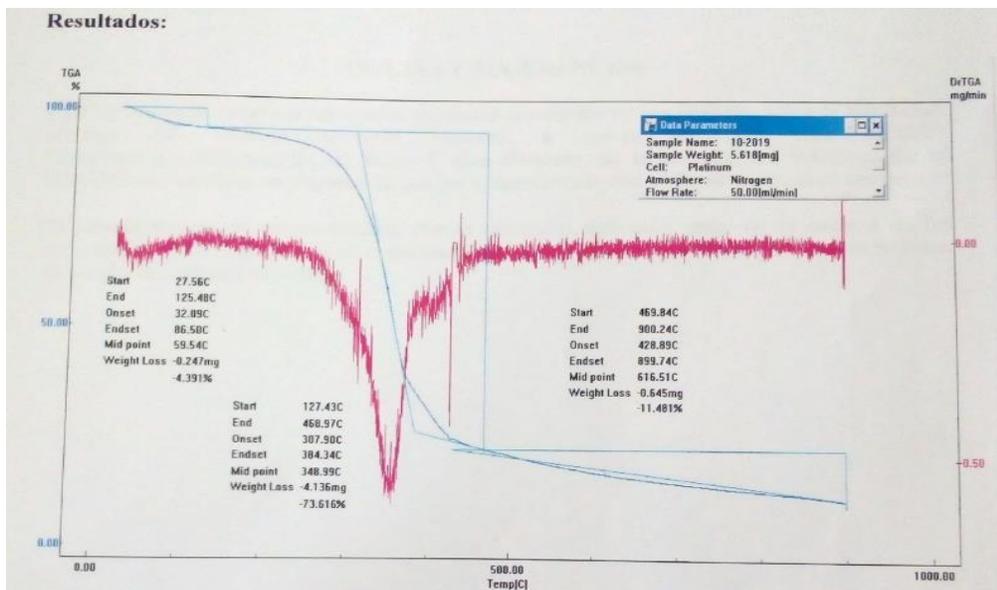


Figura 26. Resultados TGA

Discusión de Resultados

Al momento de realizar la caracterización del material compuesto y sus distintas configuraciones, se procede a interpretar los resultados de los distintos ensayos, además comparar con la simulación del material original y otro material compuesto como lo es la fibra de totora con resina, con lo cual se puede ver la mejor configuración óptima para la construcción de la moldura del panel del Chevrolet optra 1.8.

Resultados de la simulación con el material compuesto de la fibra de totora al 30%.

Del análisis en los resultados del material compuesto por resina en un 70% y refuerzo de totora en 30%, se observa en la simulación realizada los siguientes valores de la siguiente tabla. (Moyano, 2018)

Tabla 19.
Resultados con la fibra de totora

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	44556,7 mm ³	
Masa	0,0445567 Kg	
Von Mises	0,00362682 Mpa	11,9213 Mpa
Desplazamiento	0 mm	1,60207 mm
Factor de Seguridad	0,19953 ul	6,5586 ul
Esfuerzo XX	-5,88411 MPa	5,49639 MPa
Esfuerzo XY	-2,24947 MPa	1,20253 MPa
Esfuerzo XZ	-2,51009 MPa	3,24629 Mpa
Esfuerzo YY	-9,73691 MPa	4,82088 MPa
Esfuerzo YZ	-1,60568 MPa	4,95713 Mpa
Esfuerzo ZZ	-9,62299 MPa	2,66246 Mpa
Desplazamiento X	-1,68723 mm	1,33373 mm
Desplazamiento Y	-1,55521 mm	4,65484 mm
Desplazamiento Z	-1,59796 mm	1,12191 mm
Tensión Equivalente	0,0000422083 ul	0,0161507 ul
Tensión XX	-0,0901118 ul	0,0837143 ul
Tensión XY	-0,0390677 ul	0,0208849 ul
Tensión XZ	-0,0435939 ul	0,05638 ul
Tensión YY	-0,0149609 ul	0,0719438 ul
Tensión YZ	-0,0278866 ul	0,0860929 ul

Tensión ZZ	-0,0142483 ul	0,0414986 ul
-------------------	---------------	--------------

Discusión de resultados de la simulación con los tres materiales.

Con estos datos se puede dar cuenta que, entre el material compuesto de resina de poliéster y fibra de banano, el material original que es el plástico ABS y un tercer material compuesto como lo es la fibra de totora con resina de poliéster se analiza lo siguiente.

Tabla 20.
Comparación de Von Mises

Von Mises	ABS	Fibra de banano	Fibra de totora
Máximo	11,0393 MPa	11,6413 MPa	11,9213 MPa
Mínimo	0,00356922 MPa	0,00359682 MPa	0,00362682 MPa

Como podemos observar el valor de Von Mises establece que el material compuesto de resina de poliéster con totora (Moyano, 2018) y en el material original en la conformación de la moldura pasa la prueba, ya que el valor es parecido en ambos, entonces la energía de distorsión es parecida, por lo tanto, con la fibra en estudio que es la de banano con resina de poliéster va a ser óptimo para su elaboración, debido a que el valor es de 11,6413 MPa como se observa en la tabla 18, es por ello que el material caracterizado es óptimo para la elaboración de la moldura.

Tabla 21.
Comparación de Desplazamiento

Desplazamiento	ABS	Fibra de banano	Fibra de totora
Máximo	0,449777 mm	1,34544 mm	1,60207 mm
Mínimo	0 mm	0 mm	0 mm

En el desplazamiento se puede dar cuenta que hay una diferencia notoria entre el material original y el material en comparación debido a que la fibra de totora es más suave por lo que su desplazamiento va a ser mayor (Moyano, 2018), en cambio la fibra de banano es más dura, su valor de desplazamiento es de 1.2736 mm, por lo que es recomendable para la elaboración de la moldura.

Tabla 22.
Comparación de Factor de seguridad

Factor de Seguridad	ABS	Fibra de banano	Fibra de totora
Máximo	15 ul	12 ul	6,5586 ul
Mínimo	1,81171 ul	0,09953 ul	0,19953 ul

El factor de seguridad es mayor que 1, y establece que el material compuesto de resina de poliéster y totora y en el material original en la conformación de la moldura pasa la prueba en la configuración de fibra larga, por lo que se puede asegurar que es un buen material para la fabricación (Moyano, 2018), por lo tanto, la fibra de banano al estar en medio de ambas nos asegura que es un buen material para la fabricación.

Resultados a flexión con los materiales objeto de estudio.

En lo que refiere al ensayo de flexión, después de realizar los estudios, la fibra de totora es un material muy frágil con respecto al material original y a la resina, así como también en la curva Esfuerzo – Deformación no se evidencia un punto de fluencia definido y no existe una zona plástica.

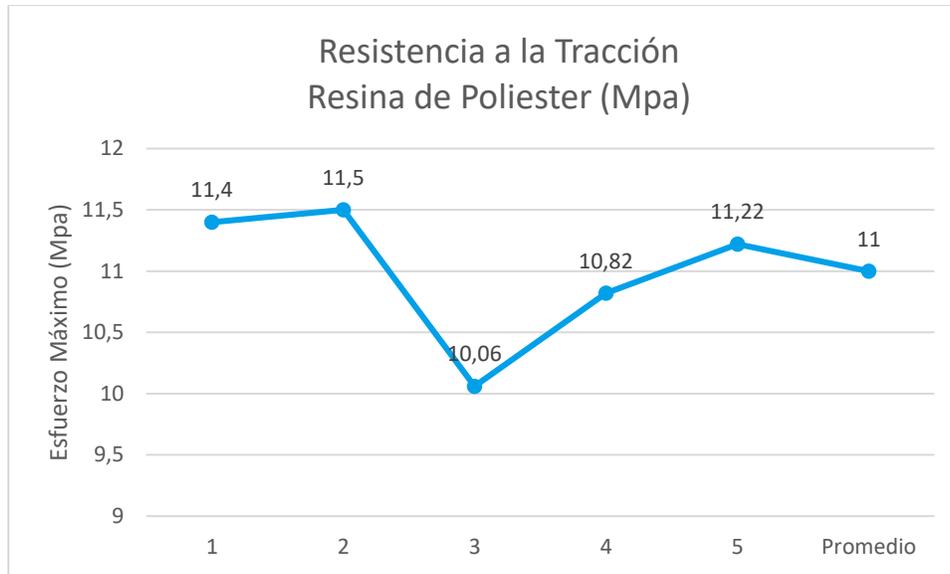


Figura 27. Resultados promedio de la resistencia a flexión

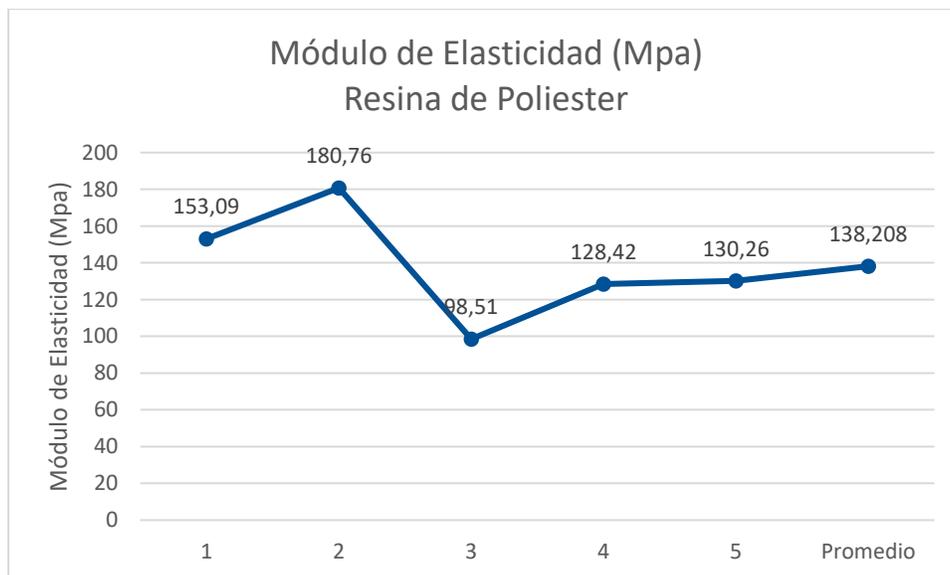


Figura 28. Resultados del módulo de flexión

Al comparar los esfuerzos máximos de las dos configuraciones (fibra 5%, fibra 25%), se observa que poseen variación significativa entre el límite superior e inferior de los datos obtenidos en las dos configuraciones, también se observa que la media de la fibra 5% y al 25% hay una gran

diferencia, por lo tanto, la configuración que tiene mayor cantidad de fibra es la ideal para la elaboración de la moldura.

Para (Moyano, 2018), las probetas que tenían una fibra tejida se observa una variación significativa con respecto a las otras probetas de estudio que poseían fibras largas y cortas de totora, con ello se deduce que donde tienen mayor cantidad de fibra es el material más óptimo para una elaboración de un producto.

Según (Gaibor Chacha, 2017), las muestras unitarias con 5% de factor volumétrico de partícula de totora, se mantiene una tendencia definida y la zona plástica es mayor que la zona elástica, el esfuerzo máximo es aproximadamente 7 (MPa), por lo tanto, la fibra de banano sigue manteniendo mayores características mecánicas.

Resultados a tracción con los materiales objeto de estudio.

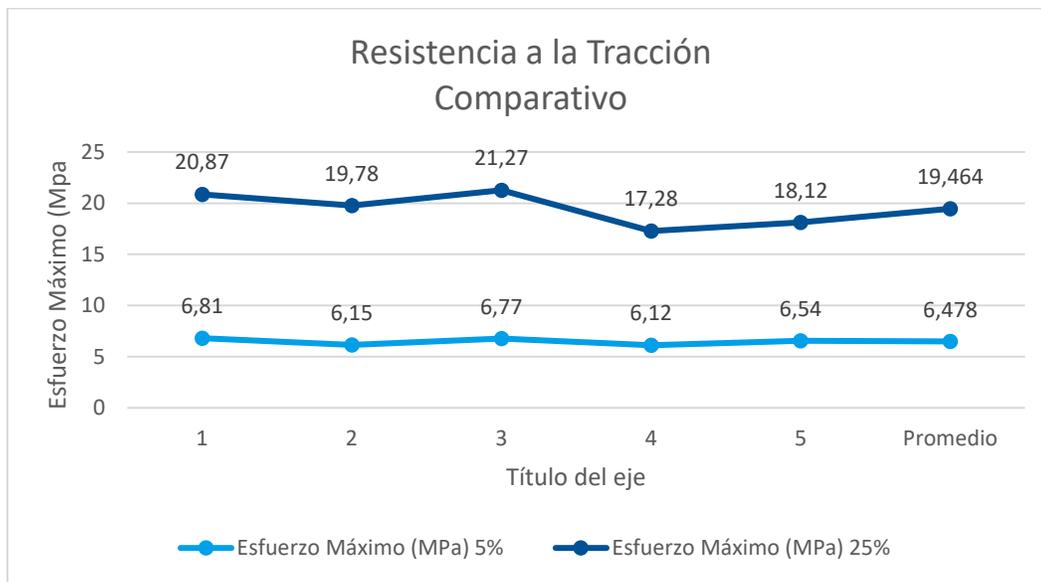


Figura 29. Resultado de tracción.

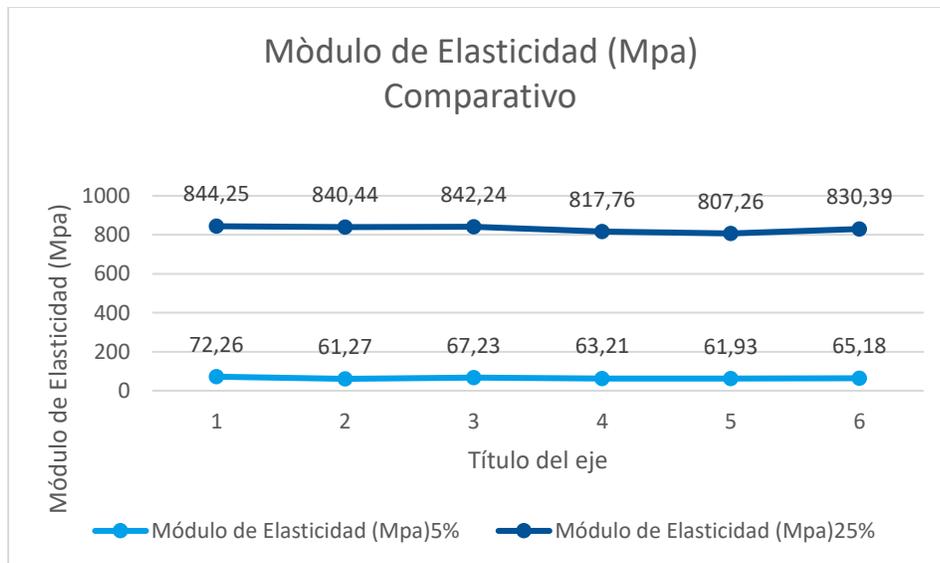


Figura 30. Módulo de Elasticidad.

Del análisis en los resultados del material compuesto por fibra de banano 5% y una matriz de resina de poliéster al 95%, y su segunda configuración con fibra de banano al 25% y una matriz de resina al 75%, como se observa en las tablas 10 y 11 se observa la carga máxima, la deformación máxima.

Al realizar la prueba de tracción se determina las propiedades mecánicas como el esfuerzo máximo y el módulo de elasticidad máximo representadas en las figuras 17 y 18, además se establece una comparación estadística de la media y entre las dos configuraciones (Fibra 5%, fibra 25%), y se establece que la configuración con mayor cantidad de fibra posee un valor más alto en comparación a la fibra con menor porcentaje.

Para (Moyano, 2018), la fibra tejida de totora posee valores más elevados que sus otras configuraciones, por lo tanto, las probetas que tienen mayor cantidad de fibra son las óptimas para la aplicación en una autoparte con la excepción del lugar al que va a ser expuesta la aplicación, pero en el caso de la moldura del panel como está dentro del habitáculo no tiene los mismos problemas para el cual fue diseñada la fibra tejida de totora.

Resultados promedio entre flexión y tracción.

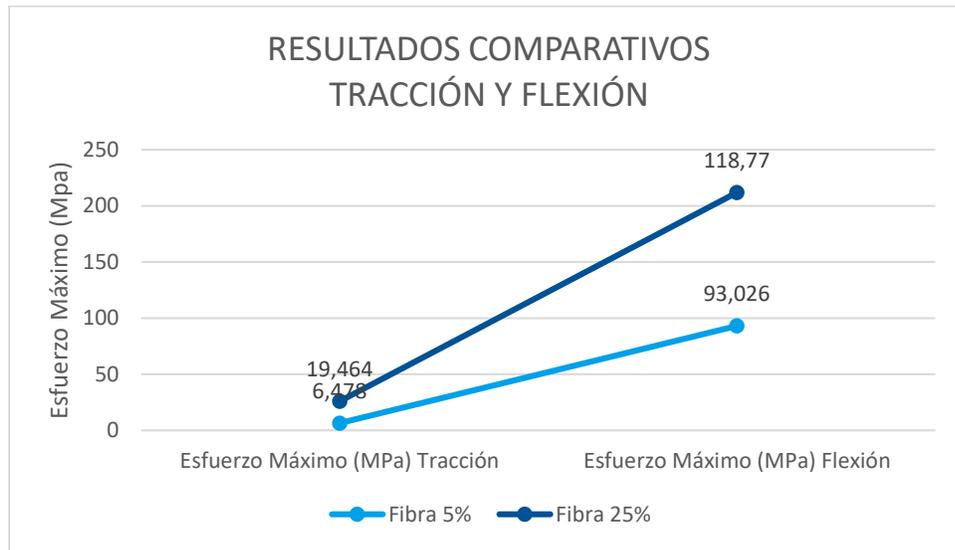


Figura 31. Resultados Comparativos Tracción y Flexión

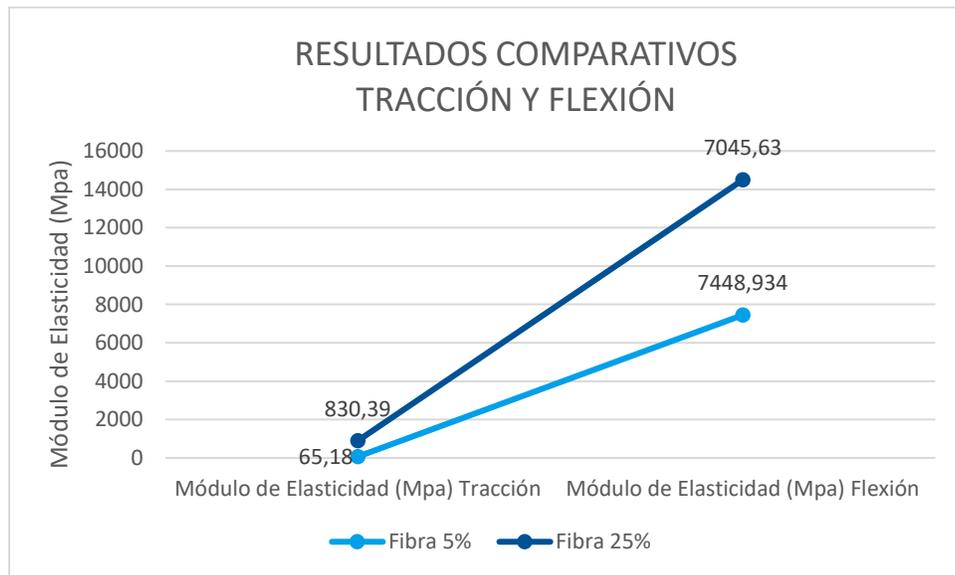


Figura 32. Resultados Comparativos entre tracción y flexión.

Al realizar la comparación de las dos configuraciones , se observa que poseen variaciones entre el límite superior e inferior con respecto a los promedios de la fibra con sus configuraciones al 5% y 25%, para (Moyano, 2018), que realizó la caracterización de la fibra de

tora la configuración tejida le da mayores resultados que las otras configuraciones como fibra larga y corta, lo que quiere decir que mientras más fibra se tiene, mayores son sus resultados y según (Nicolalde González, 2018), la fibra de mocora está dentro de los rangos normales de fibras naturales, pero el esfuerzo es muy bajo, por lo tanto, la fibra de banano resulta mejor para este tipo de ensayos.

Resultados Comparativos de Termogravimetría.

Tabla 23.
Comparación TGA del Material Compuesto y Mocora

Zona	Rango de Temperatura (°C)	Pérdida de peso Fibra de Banano (%)	Pérdida de peso Fibra de Mocora (%)
1	125	4,4	0,8
2	127-469	73,6	8,8
3	469-900	11,5	13,58

En las dos configuraciones según se puede analizar que el porcentaje de pérdida de peso de mocora es más fiable con respecto a la termogravimetría realizada, según (Nicolalde González, 2018), la fibra de mocora es más resistente a la fibra de sisal térmicamente y por los resultados de la fibra de banano se observa que la fibra de mocora es superior térmicamente, por lo que haría que la mocora tiene mayor retraso para inflamarse en caso de accidentes.

Conclusiones

El uso de fibras naturales como es la de banano, por tener un elevado porcentaje de plantación en el país es una alternativa para cuidar el medio ambiente debido a su capacidad de reciclabilidad, por lo que los materiales compuestos serán capaces de expandirse.

Las propiedades mecánicas como son la flexión y la tracción del material caracterizado, dependen mucho de la cantidad de fibra utilizada en la probeta, esto ayuda y favorece a tener mejores resultados, por lo tanto, la configuración de matriz de resina de poliéster en 75% y refuerzo de fibra de banano al 25% son aptas para este tipo de aplicación en una autoparte como son las molduras de los paneles que van al interior del habitáculo del vehículo.

La fabricación de las probetas debe ser del dimensionamiento que brindan las normas ASTM, esto ayuda a que la veracidad de los datos sea exacta.

Para tener una comprobación de las pruebas mecánicas se realizó la simulación computacional mediante el software le permite ingresar los datos del nuevo material para realizar la simulación de la moldura del panel del Chevrolet optra, para ello se generó el CAD con la geometría original, además el factor de seguridad fue mayor a 1, lo que nos indica que el material caracterizado es apto para la elaboración de la misma.

El material ABS que es utilizado actualmente tiene propiedades mecánicas mejores que el propuesto, pero su aporte ambiental es más drástico para el planeta, en cambio con el material caracterizado tiene propiedades semejantes y es bueno para el medio ambiente.

Recomendaciones

Se debe usar un desmoldante adecuado para los moldes utilizados en la fabricación de la matriz del material compuesto, para evitar la rotura de las probetas, además respetar el tiempo de curado para que la fibra se fusione bien con la resina.

Gracias a los datos obtenidos de la caracterización del material, se recomienda realizar la construcción de la moldura y con ello podemos impulsar a la industria nacional, debido a que la moldura no es objeto de venta solo viene con el tablero de instrumentos completo.

Se recomienda realizar más estudios de las fibras naturales, debido a que ayudan a cuidar el medio ambiente y a su vez el costo de adquisición sería más económico para la realización de autopartes.

Referencias Bibliográficas

- Paredes Salinas, J. G., Pérez Salinas, C. F., & Castro Miniguano, C. B. (2017). Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz. *Enfoque UTE*, 8(3), 1.
<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n3.163>
- Hurtado, S. G. G., Almeida, F. L., & Barragán, V. H. G. (2015). *Heft Seckau. Revista Politécnica* (Vol. 35). [s.n.]. Retrieved from
https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/412
- Katherine Torres. (2013). *Experimentación tecnológica de la Fibra de Banano aplicada al diseño de Objetos*. Universidad del Azuay. Retrieved from
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2641>
- Jawaid, M., Sapuan, S. M., & Alothman, O. Y. (n.d.). *Green biocomposites : manufacturing and properties*.
- Alves, C., Ferrão, P. M. C., Silva, A. J., Reis, L. G., Freitas, M., Rodrigues, L. B., & Alves, D. E. (2010). Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. *Journal of Cleaner Production*, 18(4), 313–327.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2009.10.022>
- Garc, S. K. (2014). y sometidos a impacto Directores :, (November 2007).
- Dávila, J., Galeas, S., Guerrero, V., Pontón, P., Rosas, N., Sotomayor, V., & Valdivieso, C. (2011). *Nuevos Materiales: Aplicaciones Estructurales E Industriales*.

- Morales-Cepeda, A. B., Victoria-Valenzuela, D., Ponce-Medina, M. E., & Lozano-Ramirez, T. (2011). Materiales Reforzados De Poliolefinas Recicladas Y Nanofibras De Celulosa De Henequén. *Revista Iberoamericana de Polimeros*, 12(5), 255–267.
- Cueva, C. N. (2013). Uso de biofibras como refuerzo en una matriz termoplástica, 1–4.
- Paper, C. (2014). Ingeniería Mecánica Materiales Compuestos De Cemento , Papel Re, (October). <https://doi.org/10.13140/2.1.1631.6163>
- Ossa, H., Alexander, E., Cano, M., & Arango, M. (2007). Comparative study of the mechanical properties of glass and keratin fibers, (36), 407–412.
- Salazar, S., Kerguelen, H., Cruz, J., Palacio, M., Pérez, J., & Gañán, P. (2007). Desarrollo de composites a partir de residuos agroindustriales potencialmente empleados en transporte masivo. *Scientia et Technica Año XIII*, (36), 719–723.
- Cuéllar, A., & Muñoz, I. (2010). Fibra de guadua como refuerzo de matrices poliméricas. *Dyna*, 77(162), 137–142. <https://doi.org/10.15446/dyna>
- Sanjuan-Raygoza, R. J., & Jasso-Gastinel, C. F. (2009). Efecto de la fibra de agave de desecho en el reforzamiento de polipropileno virgen o reciclado. *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica*, 8(3), 319–327.
- Ángel, L. D. B. (2015). Preparación Y Caracterización De Fibras Naturales, 128.
- V., Amigó, M. D., F. S., O., S., R., L., & Martí. (2008). Valorización de residuos de fibras vegetales como refuerzo de plásticos industriales. *Valorización de Residuos de Fibras*

Vegetales Como Refuerzo de Plásticos Industriales, 23–24. Retrieved from

<http://www.redisa.uji.es/artSim2008/tratamiento/A2.pdf>

Parra, D. A., & Sánchez, M. A. (2012). Desarrollo Material Polimérico Reforzado Con Fibras Naturales. *Facultad de Ingeniería*, 90.

Mutjé, P., Méndez, J. a., Vilaseca, F., López, J. P., Flandez, J., Barberà, L., ... Pèlach, M. .

(2008). Utilización De Residuos Industriales De La Producción De Filamento De Cáñamo Como Refuerzo, 23–24.

Perea, J. A., Ramirez, O. L., & Villamizar, A. R. (2011). Regionais Do Cacao Colombian.

Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial, 9(1), 35–42.

Cahuasquí, D. S. P. (2011). Obtención De Materiales Compuestos De Matriz Polimérica

Biodegradable Reforzada Con Fibra Natural, 226.

Bonilla, O., Trujillo, H., Guerra, S., Hugo, V., & López, C. (2009). Extracción y Caracterización

de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*). *Revista Politécnica*, 30(1), 167–178.

López Iturbe, J., Vilchis Nestor, A. R., Sánchez Mendieta, V., & Avalos Borja, M. (2013).

Obtención y caracterización de nanopartículas de plata soportadas en fibra de algodón.

Superficies y Vacío, 26(3), 73–78.

LIBRO.pdf. (n.d.).

Constancia, F. De, Extraviados, D. D., & Quininde, R. S. Y. (2018). Documentos extraviados, 2018.

Contreras, M. F., Hormaza, W. A., & Marañón, A. (2009). Fractografía de la fibra natural extraída del fique y de un material compuesto reforzado con tejido de fibra de fique y matriz resina poliéster. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 1(1), 57–67.

Vega, J., Delgado, K., Sibaja, M., & Alvarado, A. (2008). Materiales Polimericos Compuestos Obtenidos a Partir De Los Residuos Generados Por La Agroindustria De La Caña De Azucar. Una Alternativa Adicional. Ii. *Revista Iberoamericana de Polimeros*, 9(4), 389–406. Retrieved from <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/JUL08/vega1.pdf>

Salvador, M., Nuez, A., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Martí, F. (2008). Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticos. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1–4. Retrieved from http://www.upv.es/VALORES/Publicaciones/CNM08_Fibras_naturales.pdf

Herrera, M. (2015). Obtención de materiales compuestos de matriz polimérica formulados incorporando tejidos y no tejidos de fibras naturales, 153. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11901>

Moreno, L. E., Trujillo, E. E., Osorio, L., Moreno Montoya, L. E., Trujillo de los Ríos, E. E., & Osorio Serna, L. R. (2007). Estudio de las características físicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. *Scientia et Technica*, XIII(34), 613–617. <https://doi.org/10.22517/23447214.5719>

- López, C. A., Rojo, P. G., Echevarria, C. A., & Gallon, A. M. (2007). Desarrollo de materiales compuestos a partir de fibras de plátano modificadas con enzimas ligninolíticas. *Scientia et Technica*, 1(36), 725–730. Retrieved from <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5105>
- Quesada, K. et al. (2005). UTILIZACIÓN DE LAS FIBRAS DEL RASTROJO DE PIÑA (Ananas). *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 6(2), 157–179.
- Barrera, M., Hidalgo, M. A., & Mina, J. (2012). Compuestos laminados De matriz polimérica reforzados con fibras naturales: comportamiento mecánico. *Scientia et Technica*, 17(51), 51–59. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5001669>
- Balam-Cocom, R. J., Duarte-Aranda, S., & Canché-Escamilla, G. (2002). Obtención y caracterización de materiales compuestos de fibras de la “piña” de henequén y polipropileno. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 5(1), 38–44.
- Córdoba, C., Mera, J., Martínez, D., & Rodríguez, J. (2010). Aprovechamiento de polipropileno y polietileno de alta densidad, reforzados con fibra vegetal, Tetera (Stromanthe Stromathoides). *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(7), 417–427.
- Gomez, S. (2013). Diseño De Un Material Compuesto Con Fibra Natural Para Sustituír La Utilización De La Fibra De Vidrio. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- MINA H., J. H. (2012). Caracterización Físico-Mecánica De Un Almidón Termoplástico (Tps) De Yuca Y Análisis Interfacial Con Fibras De Fique Tt - Physico-Mechanical

Characterization of Thermoplastic Cassava Starch (Tps) and Interfacial Analysis With Fique Fibers Tt - Caracteri. *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 99–109. Retrieved from

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-

[35612012000200012&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a12.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a12.pdf)

Escuela Nacional de Minas (Colombia), A., Universidad Nacional de Colombia. Sede de

Medellín. Facultad Nacional de Minas., A., & MUÑOZ, I. (2010). *Dyna. DYNA* (Vol. 77).

Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/15843>

Guerrero, V., Pontón, P., Tamayo, A., Villacís, H., Delgado, F., & Galeas, S. (2013). Materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibras naturales y sintéticas. *Congreso de*

Ciencia y Tecnología ESPE, 8(1), 70–74. Retrieved from

<http://journal.espe.edu.ec/index.php/cienciaytecnologia/article/view/112/110>

ANEXOS