

Desarrollo de material estructural innovador para la fabricación de fascias en vehículos ligeros

Israel Ibarra Solís, Isis Rodríguez Sánchez, Ubaldo Gil Cruz, Juan P. Morales Reyes

Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato.
Puerto Interior, Silao de la Victoria. México

Resumen

El entorno de la fabricación y reparación de autopartes plásticas y de fibra de vidrio de los vehículos y camiones está centrado totalmente en ciertas normas que son aplicables para la seguridad de los pasajeros en caso de coalición. Sin embargo, los fabricantes siguen las normas estipuladas para estos materiales y los que hacen reparaciones lo hacen de forma empírica ya que son pocos los talleres autorizados que siguen las normas de seguridad. Lo que se muestra en nuestro manuscrito es la utilización de nuevas técnicas y materiales en la fabricación y reparación de elementos del automóvil que realizan la función de parachoques. El proceso que se desarrollo es primeramente conformar las pruebas y ensayos para determinar la fabricación adecuada de estos componentes y que a la vez se pueda determinar niveles más óptimos de seguridad al momento de que los vehículos sufran coaliciones. En esta investigación se trabajó con técnicas de resina y fibra de carbono mediante la fabricación orientada a las características que norman las instituciones de seguridad de los vehículos como son; Global NCAP y GAR (Global Automotive Regulations).

Abstract

The environment for the manufacturing and repairing of plastic and fiberglass in auto parts of cars and trucks is totally focused on certain standards that are apply to passenger safety in the event of a coalition. However, the manufacturers follow the stipulated standards for the making of these parts and those who make repairs do so empirically since there are few authorized workshops that follow safety standards. What is shown in our manuscript is the use of new techniques and materials in the manufacturing and repairing of automobile elements that perform the function of bumpers. In the development of the investigation, destructive and non-destructive tests were carried out, in the same way of temporality and durability for the context of auto parts manufacturing in the automotive industry. The process that was developed is first to conform the procedures and tests to determine the adequate manufacture of these components and at the same time to determine more optimal levels of safety at the time that the vehicles undergo coalitions. In the research, we worked with resin and carbon fiber techniques through manufacturing oriented to the characteristics that regulate vehicle safety institutions such as; Global NCAP and GAR (Global Automotive Regulations).

Palabras Clave: Resina Epoxica, Fibra de Carbono, Ensayo de Flexión, Ensayos Destructivos y no Destructivos

1. INTRODUCCIÓN

Los tipos de materiales que se mencionan como un refuerzo en conjunto con la resina son materiales innovadores e incluso actualmente utilizados en producción para el fin de este proyecto el cual es desarrollar un material para el refuerzo de fascias en vehículos ligeros como son los autos que vemos diariamente. Estos materiales se presentan en varias opciones, como lo son la fibra de vidrio, fibra de coco o fibra de carbono cada uno de ellos con propiedades que son propicias a generar un refuerzo. Sin embargo, se eligió la fibra de carbono por ser un material muy resistente a los cambios de temperatura y sus propiedades mecánicas. Una vez que se seleccionó el material adecuado se procedió a las preparaciones especiales con resinas epoxicas que aumentas propiedades de durabilidad y mecánicas. [1-2] Se realizaron varios ensayos de flexión y expansión tratando en todo momento de simular los impactos que generalmente se pudieran recibir en ciertas áreas específicas de una fascia.

Resina Epoxica

Las resinas epoxicas se les conoce como un tipo de adhesivos llamados estructurales o de ingeniería. Estos adhesivos se utilizan en la construcción de aviones, automóviles, bicicletas, esquís. Sirven para la adhesión de múltiples materiales, incluidos plásticos, llegando a ser rígidos o flexibles, transparentes o de color, de secado rápido o lento. La resistencia a la tracción de este tipo de adhesivos puede llegar a superar los 350 kg/cm², lo que les convierte en el adhesivo más resistente del mundo.

Ensayo de flexión

El ensayo de flexión es un método para medir el comportamiento de materiales frágiles, sustituyendo a la prueba de tensión. Esto debido a que en algunos materiales al colocarlos en las mordazas puede que sufran modificaciones que acaben perjudicando la prueba de sus propiedades mecánicas. Esta prueba también es conocida como ensayo de viga transversal. Se observa en esta prueba un módulo de elasticidad o módulo de flexión y una resistencia a la flexión o módulo de ruptura, esto último similar a lo que es la resistencia a la tensión). Módulo de elasticidad es el módulo de Young o la pendiente de la parte lineal de la curva esfuerzo-deformación en la región elástica. Es una medida de la rigidez de un material; depende de la fuerza de los enlaces interatómicos y de la composición, y no depende mucho de la microestructura.

2. METODOS Y MATERIALES

I. Ensayos destructivos y no destructivos

En los ensayos en los cuales el material no altere, de forma permanente, sus propiedades mecánicas, físicas y químicas o dimensionales son del tipo no destructivo. Estos comúnmente se pueden identificar con las siglas PND, u otros sinónimos tales como END (Ensayos no destructivos), inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos. Este tipo de ensayos se pueden resumir en tres grupos:

Defectología: Permite una detección en discontinuidades del material y fugas, también evalúa la corrosión y deterioro por el ambiente, así como determinación de tensiones.

Caracterización: Determina las características mecánicas, estructurales, químicas, tecnológicas, físicas como elasticidad, eléctricas y electromagnéticas. Analiza la transferencia de calor.

Metrología: Evalúa control de espesores del material y del recubrimiento.

II. Probetas

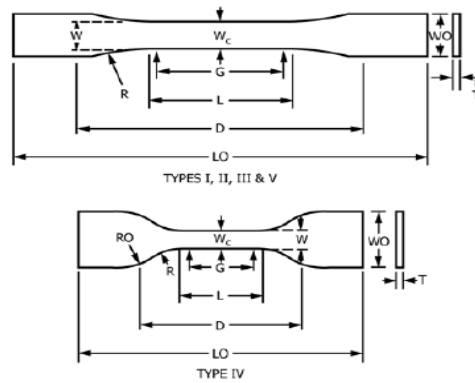
Para efectuar evaluaciones de comportamiento mecánico del compuesto final obtenido se asiste al soporte y revisión de normas bajo las cuales se rigen todas las evaluaciones al material.

Las probetas de ensayo para este tipo de compuesto se deben realizar mediante norma ASTM D638. (fig. 1)

Ensayo de tracción de las probetas se deben realizar bajo norma ASTM D-638

Ensayo de flexión bajo norma ASTM D-790

ASTM D638 - 14



Specimen Dimensions for Thickness, T , mm (in.)^A

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^B	Type V ^{C,D}	
W —Width of narrow section ^{E,F}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	$\pm 0.5 (\pm 0.02)^{B,C}$
L —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	$\pm 0.5 (\pm 0.02)^C$
WO —Width overall, min ^G	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
WO —Width overall, min ^G	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO —Length overall, min ^H	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G —Gage length ^I	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	$\pm 0.25 (\pm 0.010)^C$
G —Gage length ^I	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 0.13 (\pm 0.005)$
D —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)	$\pm 5 (\pm 0.2)$
R —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	$\pm 1 (\pm 0.04)^C$
RO —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 1 (\pm 0.04)$

Fig. 1 Probeta acorde a la norma ASTM D638

III. Ensayo de flexión con probetas

La prueba de flexión se realizó con dos tipos de probeta de fibra de carbono, una probeta fue de 3 capas de fibra de carbono y la otra de dos capas, esto quiere decir que la diferencia de grosor es el único factor que difiere entre una y otra (fig. 2 y 3).

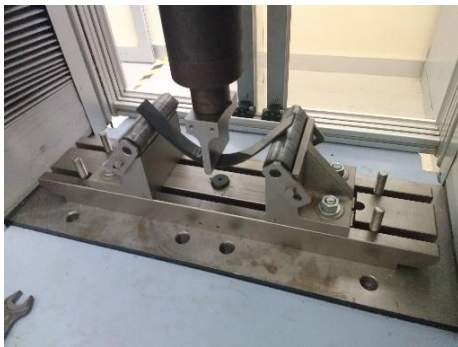


Fig 2.-Equipo para realizar prueba de flexión.

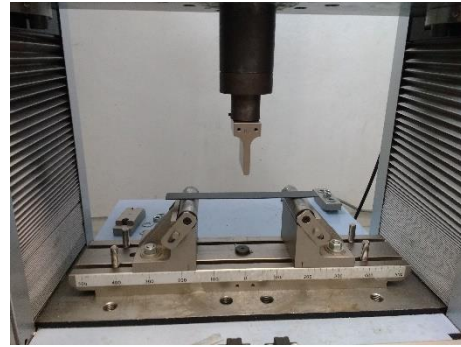


Fig 3. Pruebas de flexión.

IV. Simulación en programa SOLIDWORKS

El análisis por elementos finitos con SOLIDWORKS Simulation permite conocer la geometría exacta durante el proceso de mallado, y se integra con el software de CAD en 3D de SOLIDWORKS. Además, cuanto más precisión exista entre el mallado y la geometría del producto, más precisos serán los resultados del análisis. [3]

El análisis de componentes no metálicos (por ejemplo, piezas de plástico o caucho) [4] debe llevarlo a cabo con métodos de análisis de tensión no lineal debido a su compleja relación entre deformación y carga. [5]

SolidWorks utiliza métodos de análisis por elementos finitos (Fig. 4) para calcular los desplazamientos y las tensiones de su producto debido a cargas operativas como las siguientes:

- ✓ Fuerzas
- ✓ Presiones
- ✓ Aceleraciones
- ✓ Temperaturas
- ✓ Contacto entre componentes

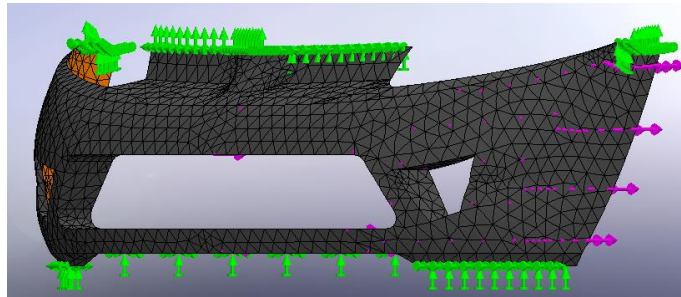


Fig 4. Mallado del modelado.

Instrumentos y materiales.

- Maquina Universal Shimatzu
- Probetas de fibra de carbono
- Equipo de seguridad personal
- Vernier electrónico
- Software SOLIDWORKS
- Estructura de prueba y Fascia de vehículo
- Software Trapezium para la captura de datos

3. RESULTADOS

Analizamos los resultados obtenidos respecto a la gráfica fuerza contra desplazamiento que nos arrojó el software

En la siguiente figura (Fig. 5) podemos observar que la probeta al finalizar el ensayo de flexión tuvo cierta fluencia, pero esta solo fue por un momento ya que logro casi recuperar su forma con el paso de unos minutos. Esto nos quiere decir que el material tenía buena flexibilidad.



Imagen 5.- Probeta de tres capas al finalizar el ensayo de flexión

Durante el ensayo de flexión después del esfuerzo máximo del material se comenzaron escuchar crujidos producto de que el material estaba comenzado a fracturarse, pero este no llego a tal grado de que se rompiera por lo que cuando se retiró de la máquina universal se observaron grietas sobre la resina que estaba en la cara la cual sufre la tensión (cara inferior) (Fig. 6 y 7).



Fig 6.- Se observa las pequeñas fracturas sobre la superficie de la probeta de fibra de carbono.



Fig 7.- Mismo efecto de fluencia al momento de retirar la probeta.

A continuación, se presentan los gráficos fuerza contra desplazamiento correspondientes a las pruebas realizadas.

Probeta de 3 capas de fibra de carbono

En esta prueba los parámetros medidos y utilizados para ser llevada a cabo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.- Parámetros en ensayo de 3 capas

Velocidad	2 mm/min
Ancho	50 mm
Largo	250 mm
Grosor	3 mm
Espaciamiento entre rodillos	180 mm

La gráfica 1 nos indica que la probeta tuvo una deformación elástica lineal la cual es un comportamiento aceptable y después esta comienza a una deformación no lineal hasta llegar al límite elástico donde ahí ocurre su resistencia máxima a la flexión y puede comenzar a ver su capacidad de tenacidad o fluencia cuando llega la cedencia. [6]

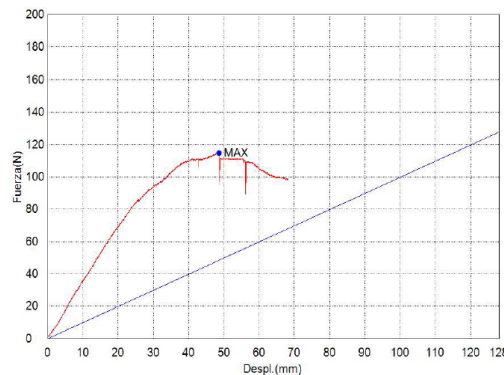


Gráfico 1.- Prueba de flexión para probeta de tres capas.

Después de pasar por su carga máxima se observa que hay algunos datos muy bajos y luego vuelve a subir, eso es debido a las grietas que se formaban en la resina, pero se recuperó por la absorción de energía del material. Sin embargo, el material no llegó a la fractura por lo que no se pudo conocer esta fuerza. En la tabla 2 se muestran los parámetros que el software nos dio.

Tabla 2.- Parámetros arrojados del software para análisis de las fuerzas de flexión del material.

Máxima fuerza (N)	114,882
Máximo Desplazamiento (mm)	48,5991

Probeta de 2 capas de fibra de carbono

En esta prueba los parámetros medidos y utilizados para ser llevada a cabo se muestran son los mismos con diferencia del grosor (tabla 3)

Tabla 3.- Parámetros en ensayo de 3 capa.

Velocidad	2 mm/min
Ancho	50 mm
Largo	250 mm
Grosor	2,54 mm
Espaciamiento entre rodillos	180 mm

La resistencia a la flexión para esta probeta es poca, pero volvemos a observar el comportamiento lineal en la zona elástica y vuelve tender a una deformación no lineal hasta el límite donde empieza la cedencia del material (Grafico 2).

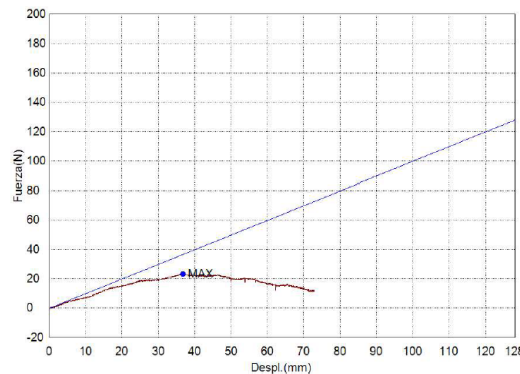


Gráfico 2.- Prueba de flexión para probeta de dos capas

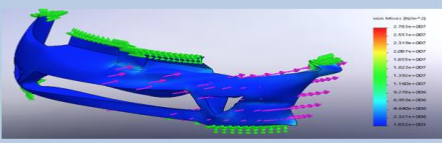
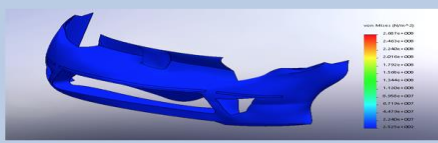
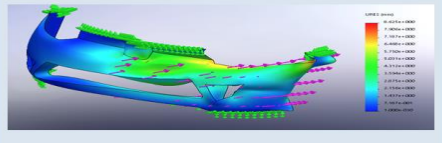
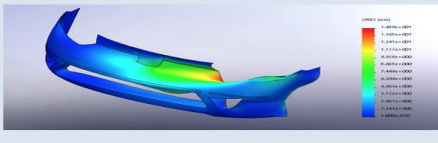
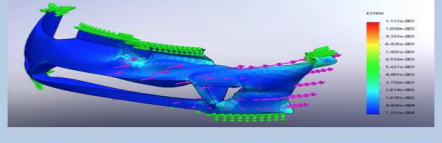

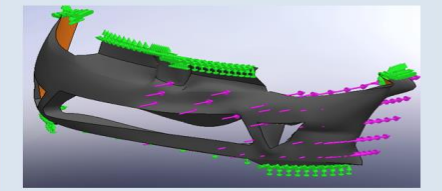
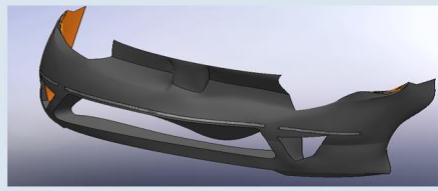
En esta prueba la probeta no se fracturo haciéndonos notar la elasticidad del material y su capacidad de absorción de energía. La tabla 4 arroja los resultados del software.

Tabla 4.- Parámetros arrojados del software para análisis de las fuerzas de flexión del material

Máxima fuerza (N)	23,0312
Máximo Desplazamiento (mm)	36,7324

En la tabla 5 se muestra la comparativa de los resultados para los dos modelos en donde se comparan los distintos resultados que nos arrojó el software. Debajo de cada ilustración se muestran los límites y por apreciación con los colores se ve dónde va existiendo más deformación siendo las zonas de azul rey las que menos sufren deformación, tensiones o desplazamientos hasta un rango máximo donde el color es rojo y se recibe un máximo valor [7].

Tabla 5. Resultados de simulación

Tipo de análisis	Fascia sin modificación	Fascia con refuerzos
Tensiones	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1.726e⁹ N/m² Min</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2.505e⁷ N/m² Max</div> </div>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2.525e² N/m² Min</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2.687e⁸ N/m² Max</div> </div>
Desplazamientos	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0 mm Min</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8.616 mm Max</div> </div>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0 Min</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1.489mm Max</div> </div>
Deformaciones unitarias	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7.335e⁻⁶ Min</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1.081e⁻² Max</div> </div>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1.669e⁻⁷ Min</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">9.105e⁻² Max</div> </div>
Desplazamiento de fascia		

4. CONCLUSIONES E IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados para la fascia reforzada fueron como se esperaba, mejoraron con respecto a la primera. Como se observa en las imágenes de las pruebas de tensiones, deformaciones y desplazamientos unitarios con el rango que se muestra se deduce que con el modelo reforzado se obtienen mejores resultados. Las tensiones disminuyeron al igual que las deformaciones y desplazamientos. En las deformaciones se puede observar un poco más grotesca la deformación en la fascia reforzada pero los números indican que tuvo una menor deformación solo que por efectos de simulación el software hace más visible esta deformación para su entendimiento. En esa sección se buscaría seguir reforzando esa parte para lograr mejorar el rendimiento del diseño en cuanto a su deformación.

Un análisis extra que pudiera haber sido de mucha ayuda es calcular el factor de seguridad, este no se pudo calcular debido a las limitaciones del software como bien se ha mencionado en el texto, debido a que no se puede asignar un límite elástico a los materiales. El factor de seguridad es vital ya que nos indica en donde puede el modelo verse comprometido por una falla y así mejorar esa parte de la estructura polimérica.

El refuerzo para la fascia se contempla que fuera de fibra de carbono más sin embargo se utilizó el mismo material que la fascia debido a que le añade más dificultad al solucionar la simulación. La fibra de carbono es un material innovador por lo que al querer analizar de manera más intensa se añade más complejidad al desarrollo de la simulación. Esto debido a que los fabricantes tienen distintas composiciones de este material y al momento de colocar las fibras tienen una dirección que en el software no serían capaces de direccionarlas haciendo que cada vez por este tipo de detalles la simulación se alejara de la realidad, convirtiendo el análisis cada vez más ideal.

En base a esta simulación se pretenderá generar nuevos diseños con refuerzos en las partes donde se ocupen para así lograr obtener un diseño de calidad alta y que al momento de fabricarse no resulte tan costoso como sería una fascia entera de fibra de carbono, si no contemplar dos materiales distintos al momento de su fabricación y que esta brinde una seguridad óptima para los usuarios.

5. REFERENCIAS

- [1] Águeda, E. (2015) Elementos Metálicos y sintéticos de la carrocería. Madrid, España. Ediciones Paraninfo.
- [2] Ferrer, C. (2005) Tecnología de Materiales. Madrid España, Universidad Politécnica de Valencia. Alfaomega Grupo Editor.
- [3] Figliola, R. (2009) Mediciones Mecánicas Teoría y Diseño cuarta edición. New Jersey, USA. Alfaomega Grupo Editor.
- [4] Ibañez, R. (2009). Estudio y simulación con Simulink de vuelco de un vehículo pesado en adelantamiento. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior Departamento de Ingeniería Mecánica.
- [5] R.L. Timings (2001) Tecnología de la fabricación. México, DF. Alfaomega Grupo Editor
- [6] Timoshenko, S. (1997). Strength of Materials: Elementary Theory and problems. Malbar, Florida: Krieger Publishing Company.
- [7] Centeno, D. M. (2009). Conceptos electrónicos en la medida de la aceleración y la vibración. México, D.F.: UNAM.

Correo autor: iibarra@ipn.mx