

# Uso de Pseudotallo del Banano en Alerones Delanteros de Monoplazas Estilo Go-Kart

Beltrán, José <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior de Tecnologías Apropriadas INSTA, Quito, Ecuador

**Resumen:** La investigación aborda la utilización del pseudotallo del banano como fibra (FSB) para la fabricación de alerones delanteros a utilizarse en la mejora de la aerodinámica del monoplaza estilo go-kart, para lo cual, se realizaron pruebas con distintos reactivos químicos (anhídrido acético, epiclorhidrina), para la fabricación de las probetas se usó resina poliéster y peróxido de benzoilo en relación 100:2; con las probetas se realizó pruebas mecánicas del materia (tensión, impacto) con muestras con distinto porcentaje de aporte de FSB 5, 10, 15 20, 25%; lo utilizado en los alerones es el NACA 6412 con el cual se efectuaron pruebas de sustentación, resistencia, eficiencia en simulador CFD, estos análisis se realizaron con distintos ángulos de ataque 0, 5, 10, 12, 15, 20°; los alerones y probetas fueron realizados por moldeo manual de la fibra. Las pruebas revelaron como el mejor compuesto es el de 15% de aporte de fibra con un valor de 35N/mm<sup>2</sup> de tensión, 3% deformación, módulo de Young 1,13. El perfil NACA 6412, con un ángulo de ataque de 12°, genera una sustentación 1,55, resistencia 0,16. Por lo que conlleva a la fabricación de alerones delanteros para monoplazas, estilo go-kart con FSB al 15% de aporte de material, y con un perfil NACA 6412 con un ángulo de ataque de 12°.

**Palabras clave:** pseudotallo de banano, alerones delanteros, sustentación

## Use of Banana Pseudotallo in Front Spoilers of Go-Kart Style Single-Seaters

**Abstract:** The research addresses the use of banana pseudostem as fiber (FSB) for the manufacture of front wings along the improvement of the aerodynamics of the car, the karting style, for which tests are carried out with chemical reagents (acetic anhydride, epichlorohydrin), polyester resin and benzoyl peroxide were used in the ratio of 100: 2 for the manufacture of the specimens; with the test tubes, mechanical tests were carried out on the material (tension, impact) with the samples with a minimum percentage of the FSB quota 5, 10, 15, 20, 25%; the profile of the list in the ailerons is the NACA 6412 with which the lift, resistance and efficiency tests were performed in the CFD simulator, this analysis was carried out with the attack angles 0, 5, 10, 12, 15, 20 °; The results of the tests and the results were made by manual molding of the fiber, the tests were revealed as the best composite 15% of the fiber contribution with a value of 35N / mm<sup>2</sup> of tension, 3% deformation, Young's module 1, 13. The profile NACA 6412 with an angle of attack of 12 ° generates a lift 1.55, resistance 0.16. As regards the manufacture of front wings for go-kart style cars with FSB at 15% of the material allocation, and with a NACA 6412 profile with an angle of attack of 12 °.

**Keywords:** Banana pseudostem, front wings, lift

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad se busca el uso de materiales alternativos fomentándose así, los ejes de investigación en temas que buscan la conservación del medio ambiente como el reciclaje, la disminución de las emisiones de gases y el uso de materias primas de origen natural, renovables y biodegradables según el estudio de Fliieger, (2003) y Mohanty (2005), todo esto enfocado para la manufactura de autopartes automotrices, se debe tener en cuenta que hay muchos estudios en los cuales se analizaron el comportamiento de diversos materiales con distintas composiciones cuyos resultados son excelentes. En la Unión Europea países con mayor impacto, los materiales

alternativos como material constitutivo de las autopartes automotrices conocidos como biocomponentes, son óptimos para un uso industrial. Witayakran en su investigación respecto a las autopartes automotrices, usa fibras de procedencia no maderera, investigadores conservadores del medio ambiente optaron por fibras de semilla como algodón, fibra de coco y coco, paja de trigo bagazo y hasta bambú como material base para dar lugar a materiales compuestos (Faruk, 2012)

El uso de estos materiales alternativos, ayudan al medio ambiente con la biodegradación de los mismos a comparación de autopartes a base de materiales sintéticos. Adicional, los materiales biodegradables contiene beneficios en términos de

costos y densidad (Witayakran, 2014) considerando que las fibras naturales provienen de fuentes o plantas que su tiempo de producción es corto, y en tan solo un año pueden cosecharse hasta 6 veces. (Beda Ricklin, 2015). Según un estudio de la (FAO, 2012) que menciona que la producción podría expandirse a más de 600,000 toneladas de biocomponentes en 2020, se debería incrementar investigación acerca de nuevas fibras que se generan de forma masiva en Ecuador. (Contreras, 2013) señala como alternativa el uso del pseudotallo del banano, el cual posterior a su cosecha se corta y da paso a la renovación de una nueva planta, el tallo cortado normalmente es abandonado en los campos, y se podría utilizar esta fibra para crear otro tipo de productos en la industria. En ese sentido, el Ecuador produce 5.2 billones de kilos de producto de exportación a nivel mundial desde enero hasta septiembre del 2018 (Diario el comercio, 2018)

Rodríguez 2014, analizó probetas individuales probando distintos porcentajes de aporte de la fibra obteniendo valores de resistencia a la tracción elongación, módulo de Young basado también, en otros estudios. (Rodríguez, 2014)

En la actualidad la competencia de automovilismo más importante es la fórmula 1, en la cual participan las mejores escuderías conformado por las grandes marcas automovilísticas a nivel mundial, con pilotos de gran renombre y habilidades inigualables, la mayoría por no decir todos los pilotos campeones mundiales tuvieron sus inicios en las competencias de go-kart (Lanas Karolys, 2015). Estas competencias definen al ganador, por tiempos inferiores a 1 segundo, por tal motivo es necesario implementar alternativas en el monoplaza para llegar a mejorar el tiempo de cada circuito y obtener mejores resultados en la pista. La implementación de alerones delanteros aumenta la sustentación ya producida por el alerón posterior, esta sustentación se logra al variar la velocidad del aire entre su superficie (Mesa Arango, 2015)

Lo que provoca un mejor agarre sobre el suelo y por ende un mejor tiempo en pista, según Morata, (2009) el efecto suelo en el alerón abarca la generación de la velocidad del viento por debajo del vehículo para ello el perfil NACA 6412 es el indicado.

El presente estudio propone realizar los alerones delanteros en un monoplaza estilo go-kart estructurados a base de fibra de pseudotallo de banano analizando distintas proporciones de fibra y ángulo de ataque en el alerón para selección las mejores características el cual aportará al cuidado del medio ambiente, manufactura y fortalecer el desarrollo de la matriz productiva del Ecuador, enfocado en la revolución del conocimiento para el cambio de la matriz productiva. (SENPLADES, 2013)

### Recomendaciones generales

Para efectuar las pruebas, es preciso ejecutarlo en dos etapas; la primera etapa es el procedimiento de la fabricación de la materia prima o el compuesto para la manufactura de los alerones delanteros de los go kart. El cual comenzó con la preparación de las fibras las cuales se obtendrán de los pseudotallos de banano, cuyas plantas son obtenidas de la zona tropical con una temperatura habitual de 18 a 33 °C. De los tallos como se observa en la figura 1 y 2 (Guerrero, 2015)



**Figura 1.** Pseudotallos de plátano. (Guerrero, 2015)



**Figura 2.** Desvainado de los pseudotallos de plátano. (Guerrero, 2015)

Para la preparación de los tratamientos químicos los reactivos fueron disueltos en acetona a una proporción en acetona de 1:10 y peso a peso de AA (anhídrido acético) y EE (epiclorhidrina) es de 1:1; por último, la proporción fibra con reactivo es 1:20 según Rodríguez (2014). En la práctica los tejidos de las fibras quedan sumergidas en los reactivos para adaptarlos a la siguiente etapa, en esta solución permanece 24 horas, se retira todas las fibras y con agua destilada se realiza un lavado con el cual se busca eliminar toda impureza existente.

En la elaboración de los compuestos el tejido debe ser impregnado de resina poliéster y peróxido de benzoilo trabajando como catalizador en una proporción en peso 100:2 según la investigación de Rodríguez, (2014) y con distintos porcentajes 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de fibra en el compuesto total, con esto la probeta para realizar las pruebas tienen las dimensiones de la figura 5, la cual se realiza con moldeo manual, la fibra se fija en una placa metálica, otra se ubica en la parte superior y se procede a un prensado con un valor estimado de 4.5 MPa durante 1 hora solidificado el compuesto se cura por 24 horas, a temperatura ambiente.

### Prueba de tensión.

Se realizan cinco muestras de las probetas para realizar la prueba de tensión, haciendo uso del equipo universal de tensión AG-X marca Shimazu, la cual, operó con una velocidad de 20 mm/min y un rango de carga de 2000 N. Se analizó el esfuerzo máximo de tracción, la elongación en el momento del rompimiento o deformación de corte y el módulo de Young las probetas se las diseñan según norma ASTM D303908, D726407 (Salasinska, 2012)

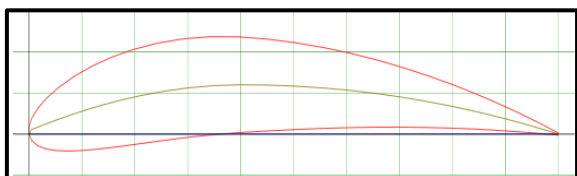
**Prueba de impacto.**

Mientras que la prueba de impacto se la realizó en una máquina Ceast Ce-man 022 con una potencia de 12J, con pruebas preparadas con especificaciones expuestas en la norma internacional ASTM-D256-10 (Rodríguez, 2014)

Con esto se culmina las pruebas del material compuesto, lo cual garantiza la obtención de datos de máquinas existentes en el mercado. No se pueden realizar pruebas de tensión e impacto con la forma del alerón delantero del monoplaza por lo que se usó probetas normalizadas, para el análisis de forma del alerón se usaron simuladores computacionales con los datos obtenidos del material. (Rodríguez, 2014)

**Pruebas de perfil.**

Según la investigación de Morata, (2009) el perfil adecuado para los alerones delanteros es el NACA 6412, para el cual, con datos del perfil, se recuperaron de una base las coordenadas de los perfiles que cualquier programa CAD lo puede reconocer y mostrar el modelado (Thef1, 2017)



**Figura 3.** Características perfil NACA 6412. Mesa, 2015

Para el análisis se emplea el programa CAD (ANSYS FLUID) como lo realiza Morata, (2009) con distintos ángulos de ataque los cuales serán 0, 5, 10, 12, 15, 20 grados, con lo cual se verificó la sustentación, resistencia y eficiencia del alerón. Para determinar el mejor ángulo y en qué condiciones utilizar cada uno de ellos.

**RESULTADOS**

Tras la revisión bibliográfica de varios estudios, se presenta a continuación los resultados relevantes obtenidos en los mismos.

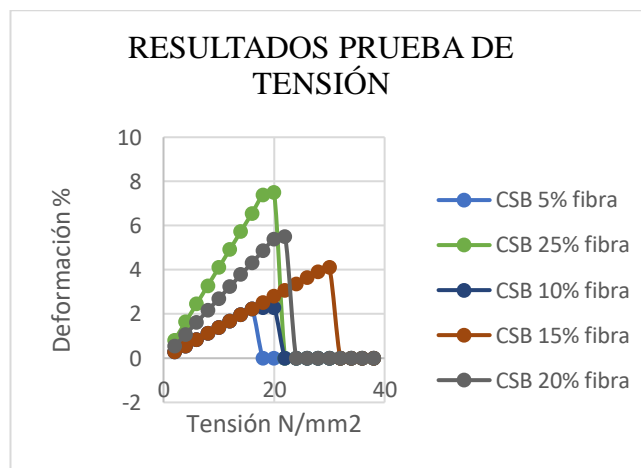
**Prueba de tensión.**

Para la revisión de la prueba de tensión se observa el comportamiento de la curva de tensión vs. la deformación

realizadas en las probetas con distintos porcentajes de FSB los resultados se reflejan en la tabla 1

**Tabla 1.** Resultados de la prueba de tensión del compuesto a distintos porcentajes de fibra.

Compuesto	% de fibra virgen	Resistencia a la tracción (Mpa)	Elongación %	Módulo de Young (Gpa)
Fibra pseudotallo banano fsd	5%	15,6	2,2	0,33
	10%	20,2	2,3	0,45
	15%	29,2	4,1	1,13
	20%	22,4	5,5	0,89
	25%	20,1	7,5	0,68



**Figura 4.** Resultado prueba de tensión a distintos porcentajes de aporte FSB

Se tiene datos muy notorios con el aporte del 15% de fibra del pseudotallo del banano obteniendo una tensión mayor a los demás porcentajes con 35N/mm2 con una deformación de 3% aproximadamente como se aprecia en la figura 4, la curva de color marrón. Los demás datos son descartados en esta prueba ya que generaron valores menores de tensión soportada y su deformación fue mayor, en el punto de aporte de 25% de FSB la deformación se elevó a más de 7%.

**Prueba de impacto.**

En las pruebas de impacto como se evidencia en la figura 5 reflejan los datos con los distintos compuestos de fibra. Los cuales reflejan un ascenso en los valores de impacto hasta el porcentaje de 20% de aporte de FSB, la prueba con 25% de fibra evidencio un descenso a 16,11 KJ/m2, el cual conlleva a la idea de que el material no es consistente con esta proporción, para lo cual, los aportes de fibra del 15 y 20% generan valores de 16,17 y 20,22 KJ/m2 por lo que serían los apropiados para nuestro caso.

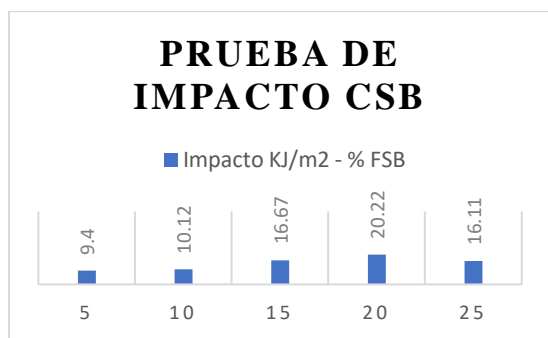


Figura 5. Resultado de las pruebas de impacto FSB

**Prueba de perfil.**

Los resultados obtenidos en las pruebas de sustentación y resistencia realizadas en el perfil NACA 6412, fueron simuladas con las características del compuesto con 15% de FSB, ya que este compuesto refleja los mejores datos para la aplicación destinada.

Tabla 2. Resultados de análisis de perfil de ala NACA 6412 a distintos ángulos de ataque

Ángulo de ataque	Sustentación Cz	Resistencia Cx	Eficiencia (Cz/Cx)
0	0,7	0,04	17,50
5	0,8	0,07	11,43
10	1,34	0,09	14,89
12	1,55	0,16	9,69
15	1,29	0,21	6,14
20	1,11	0,24	4,63

Figura 6. Velocidad NACA 6412 ángulo

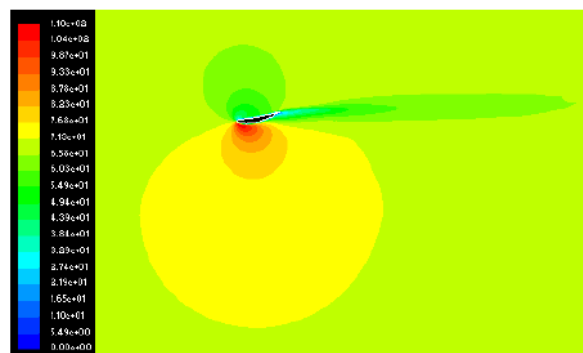
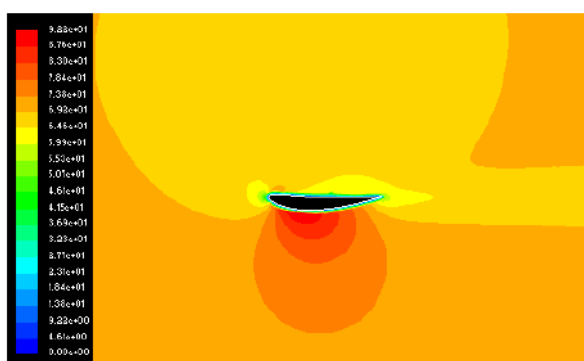


Figura 7. Velocidad NACA 6412 ángulo de ataque de 12°

La sustentación es el valor principal a considerar, con un ángulo de ataque de 12° el valor es de 1.55 el máximo obtenido de sustentación Cz, la resistencia no es la más baja de igual manera, la eficiencia 0,16 y 9,69 respectivamente, estos valores se descartan ya que las pérdidas son insignificantes a las mejoras que proporcionará la sustentación, la figura 6 y 7 describe el fluido del aire en el perfil NACA 6412 con un ángulo de ataque de 0° y 12° respectivamente, identificando la parte amarilla-roja la gran velocidad que provoca el perfil y la sustentación que genera el ala en el ángulo de 12°.

**Modelado alerón delantero.**

Se modela en un programa CAD el estilo de los faldones delanteros como se evidencia en la figura 8, con un aporte de material del 15% de FSB, y un ángulo de ataque de 12° del ala. Para la implementación se lo efectúa con un moldeo manual para generar una plantilla, la cual se usará para futuras réplicas.

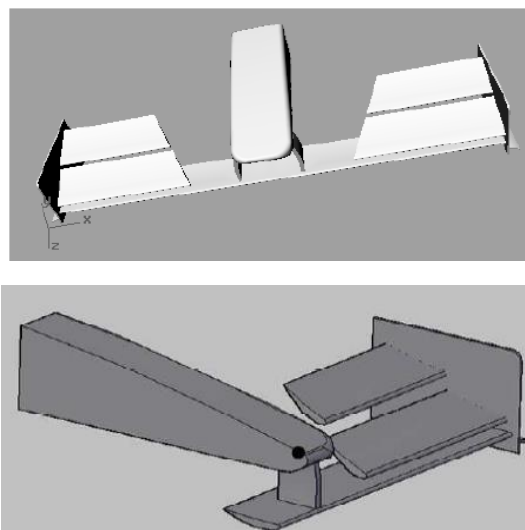


Figura 8. Modelados alerones delanteros para go-kart.

Con el uso del pseudotallo del banano como fibra en un compuesto alternativo se obtienen datos aceptables para considerarlo como material alternativo, para la creación de autopartes, en las pruebas de tensión (35N/mm2), e impacto (16,17 y 20,22 KJ/m2), los resultados obtenidos tuvieron mejoras en un promedio de 10% en comparación con estudios realizados por Pothan, (1997) y Murali Mohan Rao (2010),

esto por la zona de donde se obtuvo la fibra virgen, el aporte de 15% de FSB fue el compuesto de mejor comportamiento coincidiendo con el estudio de Rodríguez (2014), solo que este se creó un compuesto con fibra de vidrio.

Determinado el material el perfil seleccionado es el NACA 6412, el cual con un ángulo de ataque de 12° el cual generó una sustentación de 1,55 el mayor valor en las pruebas realizadas, este dato se aproxima al obtenido en su estudio Morata, (2009). La resistencia y la eficiencia en este ángulo no son las mejores pero se descartan estos valores por el valor elevado de sustentación. Los alerones se fabricarán por moldeo manual para generar una matriz, con la cual se generará futuros alerones delanteros para monoplaza estilo go kart.

Se recomienda realizar una investigación con los alerones delanteros fabricados a base de FSB en un túnel de viento para su análisis de efecto suelo a distintas alturas, 120 cm, 60 cm, 25 cm, 15 cm 7,5cm 5cm 3cm para determinar a qué altura se genera el mejor valor de sustentación general en el monoplaza.

Para completar la investigación de debe analizar los elementos complementarios aerodinámicos (deflectores delanteros, deflectores laterales, alerón posterior) del monoplaza con materiales alternativos de preferencia de pseudotallo de banano.

Investigar el comportamiento de alerones delanteros móviles, optimizando la sustentación del monoplaza programada con referencia a la telemetría de cada pista, para obtener el mayor provecho en cada parte de la pista de competencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Contreras, W. C. (2013). *Determinación de las propiedades de resistencia de los tableros de partículas, fabricados con vástago de plátano y adhesivo fenol formaldehído (R10/13%)*. IDEC Facultad de Arquitectura.

FAO. (2012). *Unlocking the commercial potential of natural fibres: Market and policy analyses of the non-basic food agricultural commodities team*. .

Faruk, O. B.-P. (2012). *Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010*. *Progress in Polymer*.

Guerrero, L. M. (2015). *Obtención y caracterización de tableros aglomerados de partículas de las fibras naturales del pseudotallo de banano (Musa paradisiaca)*.

Lanas Karolys, E. R. (2015). *Plan de negocios para la readecuación y comercialización de una pista de karting en el Cotopaxi Tennis Club*. Quito.

Mesa Arango, A. (2015). *Análisis del efecto suelo en el alerón delantero de un vehículo tipo fórmula*.

Morata Royes, S. (2009). *Estudio comparativo teórico de la evolución 2008/2009 de los alerones delanteros de Formula 1*.

Murali-Mohan-Rao, K. M.-R.-P. (2010). Fabrication and testing of natural fibre composites: Vakka, sisal, bamboo and banana. *Materials & Design*, 31 (1), 508-513.

Pothan, L. A. (1997). Short Banana Fiber Reinforced Polyester Composites: Mechanical, Failure and Aging Characteristics. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 16 (8).

Rodríguez, L. J. (2014). Compuestos de Poliéster Reforzados con Fibra de Plátano/Banano (Musa paradisiaca) Modificada Químicamente: Comparación con Fibra de Vidrio y Fique (Furcraea andina). *Información tecnológica*, 25.

Salasinska, K. R. (2012). *Natural fibre composites from polyethylene waste and hazelnut shell: Dimensional stability, physical, mechanical and thermal properties*. Obtenido de <http://www.tandfonline.com/d>

SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito. Thef1. (2017). Obtenido de [www.thef1.com](http://www.thef1.com)

Witayakran, S. S. (2014). *Natural Fiber Composites: Review of Recent Automotive Trends*.