



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ

“INTEGRACIÓN CAD Y PROCESOS DE MANUFACTURA  
APLICADOS A LA FABRICACIÓN DE ACCESORIOS PARA  
UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BI-PLAZA.”

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autores:

David Esteban Morocho Lema  
David Sebastián Pulgarín Patiño

Director:

Mgstr. Boris Coello Salcedo

Cuenca – Ecuador

2022

## **Dedicatoria y agradecimiento de David Esteban Morocho Lema.**

### **Dedicatoria.**

El presente artículo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza necesaria para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados que eh tenido desde la infancia.

A mis padres, por su amor, cariño, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en mejor persona. Tengo el orgullo y privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome en el transcurso de este tiempo con sus consejos y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi carrera universitaria.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

### **Agradecimiento.**

Agradezco a Dios por bendecirme con la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Roberto y Patricia, por ser los principales promotores de mis sueños al igual que a mi abuelo Vicente, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanos Daniel y Leslie por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Agradezco a mis docentes de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al ingeniero Boris Coello tutor de mi artículo científico quien me ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

## **Dedicatoria y agradecimiento de David Sebastián Pulgarín Patiño.**

### **Dedicatoria.**

Este logro se lo dedico a los pilares de mi vida, personas que con mucho amor, ejemplo, apoyo incondicional y sacrificios me han permitido alcanzar esta meta en mi vida profesional; mi abuelita Leticia que siempre nos ha bendecido desde lo más alto, mi madre Margoth que nunca permitió que nada me falte, aun en momentos difíciles para seguir adelante a lo largo de mi vida, mis tías Mercedes y Olga que gracias a su cariño, palabras de aliento me han formado en conjunto como la persona que soy permitiéndome cumplir este sueño.

### **Agradecimiento.**

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida, gracias a su bendición me ha servido como inspiración para nunca rendirme; mi familia que me ha sabido acompañar a lo largo de esta etapa de formación, con apoyo y consejo. Mis primas Dome, Liss, Denisse y mi primo Pablo que han sido partícipes de tantas anécdotas a lo largo de mi vida que jamás olvidaré.

Agradezco a la Universidad del Azuay, la cual ha sido cede de las experiencias más maravillosas de mi vida, a sus docentes por impartirme el conocimiento tanto profesional como personal al aconsejarme y motivarme a proyectarme para alcanzar un futuro mejor.

A mis amigos, que en la actualidad los considero hermanos, los mismos que han sabido perdurar en momentos buenos, malos, adversos de la vida y que nunca me han abandonado a pesar de los problemas que se han suscitado a lo largo del periodo Universitario.

# INTEGRACIÓN CAD Y PROCESOS DE MANUFACTURA APLICADOS A LA FABRICACIÓN DE ACCESORIOS PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BI-PLAZA.

## RESUMEN

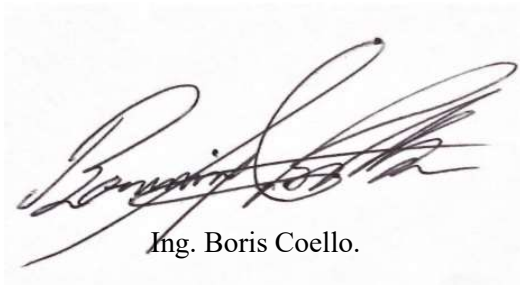
El presente documento describe la metodología y materiales adecuados para la elaboración de accesorios automotrices de un vehículo eléctrico biplaza integrando software CAD para optimizar el proceso de manufactura de los mismos y empleando materiales compuestos (fibra de carbono y fibra de vidrio).

En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica de los esfuerzos, peso y condiciones de los materiales a utilizar con el propósito a establecer su idoneidad para la manufactura de los accesorios.

Se efectuó la digitalización de los accesorios automotrices en software CAD para ello, se tomó en cuenta los esfuerzos a los que estarán sometidos, así como, vibraciones, peso, resistencia al avance, etc. para luego integrar los respectivos puntos de anclaje que facilitarán su manufactura y colocación; posteriormente se construyó un prototipo preliminar para escoger la opción que se ajuste mejor al diseño del vehículo.

Finalmente, el resultado esperado será la manufactura de alerones, retrovisores, tablero, faros y cubierta del rollbar.

Palabras clave: accesorios, fibras, software CAD, vehículo.



Ing. Boris Coello.

Director de trabajo de titulación



Ing. Robert Rockwood

Coordinador de escuela



David Esteban Morocho Lema

Autor



David Sebastián Pulgarín Patiño

Autor

# CAD integration and manufacturing processes applied to manufacture accessories for a two-seater electric vehicle.

## ABSTRACT

This document describes the appropriate methodology and material to produce automotive accessories for a two-seater electric vehicle, integrating CAD software to optimize their manufacturing process and employing the use of fibers (carbon and glass) for their production. A bibliographic review of the fibers' efforts, weight and conditions was carried out to establish the optimal material for the development of accessories. The digitization of automotive accessories was carried out in CAD software where the efforts to which they will be subjected, such as vibrations, weight, air resistance, etc., are considered to then integrate the respective anchor points that will facilitate its manufacture and placement; building a preliminary prototype to choose the option that best fits the vehicle design. Finally, the expected result will be the manufacture of spoilers, mirrors, dashboards, headlights and rollbar covers.

**Keywords:** accessories, fibers, CAD software, electric vehicle, manufacturing.



Ing. Boris Coello.  
Thesis Director



Ing. Robert Rockwood  
School Coordinator



David Esteban Morocho Lema  
Author



David Sebastián Pulgarín Patiño  
Author

Translated by: the authors

# INTEGRACIÓN CAD Y PROCESOS DE MANUFACTURA APLICADOS A LA FABRICACIÓN DE ACCESORIOS PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BI-PLAZA.

**David Morocho Lema**

Universidad del Azuay  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Ingeniería Mecánica Automotriz  
Cuenca, Ecuador  
[david76125@es.uazuay.edu.ec](mailto:david76125@es.uazuay.edu.ec)

**Sebastián Pulgarín Patiño**

Universidad del Azuay  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Ingeniería Mecánica Automotriz  
Cuenca, Ecuador  
[sebastian\\_p96@es.uazuay.edu.ec](mailto:sebastian_p96@es.uazuay.edu.ec)

**Boris Coello Salcedo**

Centro de Investigación de Desarrollo  
en Ingeniería Automotriz (ERGON).  
Ingeniería Mecánica Automotriz  
Cuenca, Ecuador  
[boriscoello@uazuay.edu.ec](mailto:boriscoello@uazuay.edu.ec)

**Resumen** — El presente documento describe la metodología y materiales adecuados para la elaboración de accesorios automotrices de un vehículo eléctrico biplaza integrando software CAD para optimizar el proceso de manufactura de los mismos y empleando materiales compuestos (fibra de carbono y fibra de vidrio).

En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica de los esfuerzos, peso y condiciones de los materiales a utilizar con el propósito a establecer su idoneidad para la manufactura de los accesorios.

Se efectuó la digitalización de los accesorios automotrices en software CAD para ello, se tomó en cuenta los esfuerzos a los que estarán sometidos, así como, vibraciones, peso, resistencia al avance, etc. para luego integrar los respectivos puntos de anclaje que facilitarán su manufactura y colocación; posteriormente se construyó un prototipo preliminar para escoger la opción que se ajuste mejor al diseño del vehículo.

Finalmente, el resultado esperado será la manufactura de alerones, retrovisores, tablero, faros y cubierta del rollbar.

**Palabras clave:** accesorios, fibras, software CAD, vehículo eléctrico, manufactura.

**Abstract** — *This document describes the appropriate methodology and material to produce automotive accessories for a two-seater electric vehicle, integrating CAD software to optimize their manufacturing process and employing the use of fibers (carbon and glass) for their production.*

*A bibliographic review of the fibers' efforts, weight and conditions was carried out to establish the optimal material for the development of accessories.*

*The digitization of automotive accessories was carried out in CAD software where the efforts to which they will be subjected, such as vibrations, weight, air resistance, etc., are considered to then integrate the respective anchor points that will facilitate its manufacture and placement; building a preliminary prototype to choose the option that best fits the vehicle design.*

*Finally, the expected result will be the manufacture of spoilers, mirrors, dashboards, headlights and rollbar covers.*

**Keywords:** *accessories, fibers, CAD software, electric vehicle, manufacturing.*

## I. INTRODUCCIÓN

La Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad del Azuay, plantea el proyecto de diseño y construcción de un vehículo eléctrico biplaza con el fin de aminorar las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Dichos contaminantes son causados por el número de vehículos alrededor del mundo, en donde, si bien existen medios alternativos de transporte (bicicleta, caminata, tranvía, metro), los automotores dependientes de combustibles fósiles están en la cúspide. Es por esto que últimamente a nivel mundial, más específicamente en países europeos se habla de vehículos eléctricos, destacando los diferentes beneficios que estos traen para el mundo, pero ¿Esto puede ser aplicable a países en desarrollo de América Latina? Según los autores Gómez, Mojica, Kaul, Isla “América Latina y la mayoría de los países en desarrollo no han implementado políticas públicas que muchos países desarrollados han empleado para estimular las ventas de los EVs, y, por consiguiente, su incursión en el mercado se mantiene marginal.” [7]

En cuanto al mercado de vehículos en el Ecuador, registró que en el año 2019 se vendieron un total de 132.208 automotores y sólo 103 de ellos fueron vehículos eléctricos, entre los cuales 59 representan a automóviles (57,28% de participación), 24 vehículos categoría SUV (23,30% de participación) y 20 unidades de buses (19,42% de participación), concentrándose las principales ventas en la provincia del Guayas con un total de 74 unidades; y a su vez este estudio reveló que en la provincia del Azuay se vendieron 9100 vehículos pero ninguno de ellos fue eléctrico. [17]

Para ello es importante resaltar aspectos como el peso y la aerodinámica del vehículo eléctrico, ya que una menor masa sumada a un menor coeficiente de resistencia al movimiento ayudará al desempeño de dicho automóvil; por este motivo es necesario realizar un análisis y diseño de acuerdo a las especificaciones requeridas para nuestro proyecto, integrando un material de altas prestaciones como son las fibras de vidrio y carbono, en donde mediante softwares CAD determinaremos la mejor propuesta de los accesorios para el EV.

## II. MATERIALES Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO

### Fibra de carbono

Esta fibra otorga este nombre porque contiene hilos compuestos de mini filamentos de carbono, además se considera que tiene mejores características que el acero, con una resistencia mecánica 10 veces mayor. Adicionalmente es un material muy liviano, como el plástico, con una densidad de 1.750 kg/m<sup>3</sup>. [18]

Características de la fibra de carbono:

- Elevada resistencia a la tensión y compresión.
- Muy liviano y con una alta relación resistencia/peso.
- Elevado módulo de elasticidad.

### Fibra de vidrio

La fibra de vidrio se utiliza como un material aislante térmico, también se emplea como agente de refuerzo para dar como producto final un material compuesto muy fuerte y ligero denominado plástico reforzado (PRFV). Por otro lado, este material siempre se compara con la fibra de carbono puesto que presenta comportamientos similares, aunque no es tan rígida como esta, pero sí más económica y menos frágil. [19]

### Propiedades de la fibra de vidrio

Existen dos propiedades fundamentales:

**a) Térmica:** son muy buenos aislantes térmicos debido a su alta proporción de superficie sobre peso, Además, por el aire que atrapa en su interior, hace que tenga una buena conductividad térmica (hace que el calor se disipe de la manera más rápida posible).

**b) Mecánica:** cualidad que se comprueba en las fibras que acaban de ser fabricadas, ya que son las que deberían ser las más fuertes por ser dúctiles, a su vez, un importante factor a tener en cuenta es la humedad, ya que si la superficie se encuentra rayada la absorbe, empeorando las grietas y la tenacidad del material. [19]

### Resina

También llamadas matrices, son las más usadas en los materiales compuestos (fibras) de altas prestaciones. La resina permite un producto rígido, insoluble e infusible mediante un proceso de reacciones químicas. Entre las más comunes para trabajar en fibra de vidrio y carbono se encuentra, la resina epóxica y poliéster. [14]

Es importante recalcar el porqué de la decisión del uso de fibras para la realización de los accesorios de este vehículo eléctrico como se puede observar en la Tabla.1 se comparan diferentes propiedades de 3 tipos de materiales dos fibras y un metal.

Tabla 1: Propiedades de diferentes fibras sintéticas vs un metal.

Material	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Resistencia a la tracción [GPa]	Módulo de Young [GPa]
Aluminio	2870	0.1-0.37	69
Fibra de Vidrio	2600	2.05	85
Fibra de Carbono	1800	3.5	244

Con esto y el análisis bibliográfico de varios estudios realizados a partir de este material como bien lo mencionan los autores L. Criollo, D. Paredes, en el diseño de una carrocería en fibra de carbono, resaltan que, en comparativa con el modelo anterior realizado en fibra de vidrio, obtuvieron una reducción de peso del 36% también mejorando también sus cualidades estructurales con la utilización de este material. Así como también los autores N. Huerta y E. Labanda mencionan su alta resistencia a deformaciones y esfuerzos en la realización de un atenuador de impacto. Con esto se tomó la decisión de usar fibra de vidrio y carbono en conjunto para la construcción de los prototipos automotrices, así obteniendo los beneficios de ambos tipos de fibras. [8]

### Consideraciones para el diseño

**Necesidades en el mercado:** Actualmente las grandes empresas automotrices buscan mejorar la eficiencia de sus vehículos, en donde reducir el peso de dichos prototipos es crucial. Por lo que han optado por la utilización de fibras compuestas las cuales presentan una excelente (relación resistencia/peso) densidad.

**Funcionalidad (Aerodinámica):** Debido al avance tecnológico en la industria automotriz no solo se busca vehículos veloces, sino que tengan una buena adherencia y manejo para el ocupante por lo que se busca aprovechar la fuerza aerodinámica a su favor.

Para este diseño hemos propuesto utilizar un perfil NACA 2412, este es utilizado en la realización de perfiles de alares de avión, los mismos que están optimizados para un flujo casi ideal de aire y con esto aseguramos una "reducción de cargas" acorde a nuestro prototipo. La forma de este perfil, se obtiene por interpolación de una serie de coordenadas ya establecidas las cuales tienen como valor máximo referencial la unidad, por lo que una vez tengamos los puntos del perfil en un plano procederemos a unirlos mediante una secuencia de líneas interconectadas para obtener la figura deseada (figura 1) y finalmente escalarla a dimensiones acordes a nuestro diseño, siguiendo este mismo concepto, los alerones tendrán perfil de ala invertido, de esta manera se genera sustentación negativa.

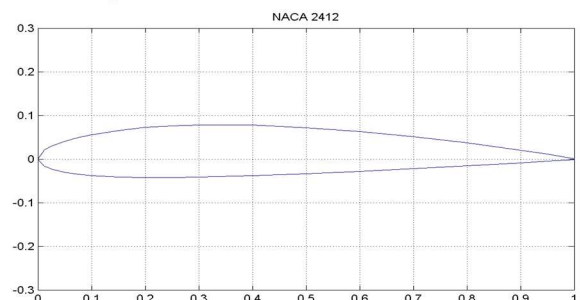


Figura 1: Sección de perfil alar NACA 2412.

Fuente: Airfoil Tools.



**Factibilidad de construcción:** Si bien la fibra de carbono no es muy mencionada en nuestro medio, en estos tiempos es fácil y económica la importación de las materias primas del exterior lo cual supone una oportunidad comercial, tal vez en el futuro de nuestro país, aprovechando la industria petroquímica ya que la fibra de carbono se obtiene del refinamiento del petróleo.

**Opciones de reparación:** Por el mismo hecho de la complejidad de conseguir la materia prima, surge un temor de aplicar estos materiales en el medio, por lo que realizamos indagaciones y existen varios lugares en donde reparan estructuras de este tipo, como por ejemplo la reparación de cuadros de bicicleta en fibra de carbono.

### III. METODOLOGÍA

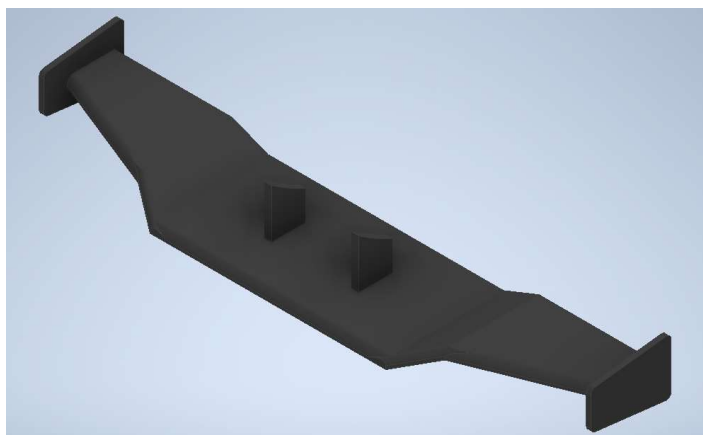
Se implementó una metodología para aplicarla en el proyecto, la cual se compone de 4 fases:

**Digitalización:** Al realizar un diseño siempre es importante partir de un bosquejo inicial el mismo que puede realizarse a mano o con algún software en donde los autores analizarán detenidamente el objeto para enmendar las primeras complicaciones y con esto crear varias versiones donde han sido tomadas en cuenta sugerencias de todos los integrantes del equipo.

Para esto, fue necesario el manejo de softwares de diseño asistido (AutoCAD, Inventor, Fusión 360) los cuales facilitarán al diseño de los objetos a prototipar. Por este motivo es necesario partir del modelo final del chasis del vehículo ya que así podremos analizar las medidas y adaptaciones que deberemos aplicar en nuestro diseño.

De cada accesorio que realizaremos recabaremos medidas para la creación de los mismos, esto se realizó tanto de manera virtual como física para así poder verificar diferencias existentes entre el objeto computacional y la estructura real, con lo que el modelo no presentaba un excedente a 5mm de diferencia.

Con esto finalmente partimos de un boceto inicial de cada accesorio, como se muestra en la Figura 2, siendo el más representativo el alerón delantero debido a sus cambios de sección y forma no lineal.

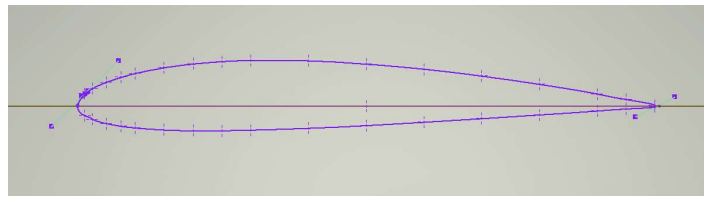


**Figura 2:** Prototipo inicial (Alerón delantero).

**Fuente:** Autores.

Luego con dicho boceto en donde verificamos que las medidas calzan correctamente con la escala del chasis, procedemos a bocetear una segunda versión la cual obtendrá la forma de perfil

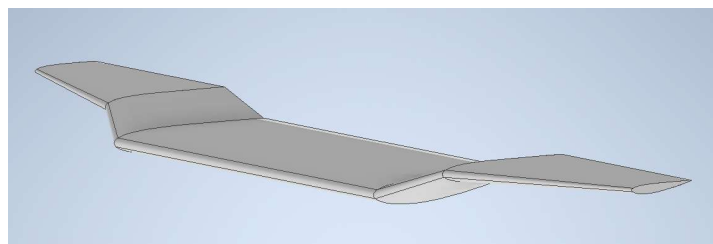
de ala que mencionamos anteriormente (Figura 3).



**Figura 3:** Boceto del perfil de los alerones a construir.

**Fuente:** Autores.

Con esto podemos empezar a esculpir la forma del objeto, al ser un accesorio estético/funcional necesitamos modificar la forma común de un alerón para hacerlo más vistoso para el público y con esto llegamos a el elemento mostrado en la Figura 4.



**Figura 4:** Diseño computacional alerón delantero.

**Fuente:** Autores.

Como una comprobación final previa a su construcción, aprovechando que todos los elementos se encuentran digitalizados los podemos ensamblar para tener una idea de que tan acorde se encuentran nuestros prototipos con el tamaño y estética del vehículo a construir, como podemos observar en la Figura 5, los accesorios se consolidan bien al diseño propuesto.



**Figura 5:** Accesorios ensamblados en el vehículo biplaza.

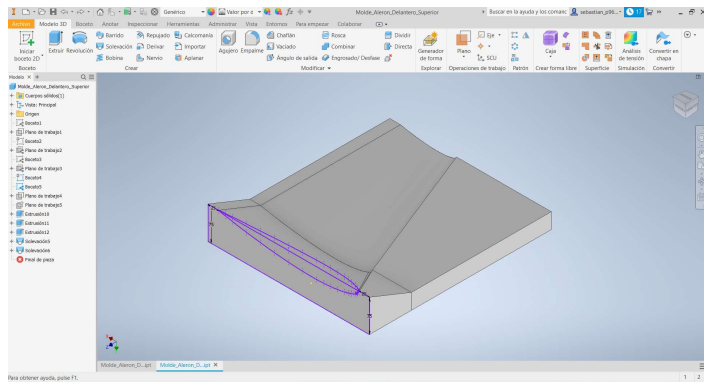
**Fuente:** Autores.

**Construcción de moldes:** Una vez digitalizados los accesorios, partimos del objeto para realizar el molde de manera computacional.

Por ello es importante revisar bibliográficamente temas concernientes a técnicas y consideraciones que debemos tomar en cuenta para construir los moldes como por ejemplo el tipo de molde y los ángulos correctos de desmoldeo de los mismos.



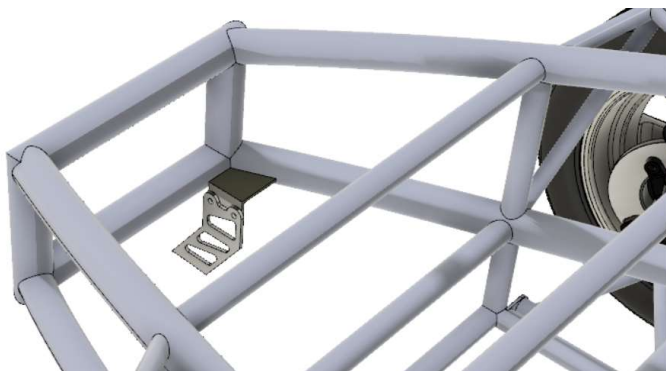
Para ello partiendo de la silueta de cada sección creamos el molde siguiendo la forma esperada del accesorio (Figura 6), teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente; en la mayoría de accesorios se utilizó moldes hembra, siendo los retrovisores el caso único al utilizar un molde macho debido a su forma exterior por lo que al ser un molde de otro tipo hubiera dificultado la construcción.



**Figura 6:** Modelado del molde en software CAD.  
**Fuente:** Autores.

**Integración de puntos de anclaje:** Una vez obtenido el prototipo corroboramos la ubicación del objeto en el vehículo para pensar en técnicas de anclaje que se podrían realizar y según esto elegir la más viable. Para ello es necesario tener en cuenta consideraciones como: la ubicación, el tamaño y la forma del accesorio.

Con ello necesitamos adjuntar los accesorios al chasis principal, dependiendo el tipo y la ubicación se necesitarán de diferentes acoples por lo que en el caso del alerón delantero se necesitó realizar acoples alerón-soporte y soporte-chasis como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7:** Integración CAD de puntos de anclaje alerón delantero.  
**Fuente:** Autores.

En este punto los soportes fijos serán soldados directamente al chasis (Figura 8), mientras que los soportes chasis-alerón serán emperrados para poder facilitar su despiece según la necesidad de los ocupantes para cualquier arreglo o mantenimiento.



**Figura 8:** Integración CAD anclaje alerón trasero.  
**Fuente:** Autores.

De la misma manera al realizar los otros accesorios buscamos un anclaje directo y semi desmontable al chasis por cualquier complicación o reemplazo que se pueda dar en el futuro (Tabla 2).

A continuación, presentaremos los anclajes de cada tipo de accesorio:

**Tabla 2:** Anclajes de los diferentes accesorios del vehículo eléctrico biplaza.

Anclajes utilizados según el tipo de accesorio construido	
Accesorios	Mecanismo/Anclaje
Alerones	Soportes de chasis – Soportes regulables
Retrovisores	Mecanismo con movimiento giratorio
Faros	Soporte anclado al carenaje
Tablero	Soportes internos directos al chasis
Cubierta de rollbar	Tornillería directa al carenaje

**Manufactura:** Luego de analizar estrategias de sujeción, espesores y métodos de construcción para cada accesorio, empezamos con la elaboración final de cada uno de ellos, donde brevemente presentaremos el proceso de construcción.

Una fibra sintética, es una fibra que proviene de diversos productos derivados del petróleo y hoy en día es muy utilizada por sus excelentes condiciones de peso y características de rigidez. Estas fibras pueden tejerse o se pueden utilizar para reforzar materiales por recubrimientos de otras fibras, entre las más comunes se encuentran, la fibra de carbono y la de vidrio. [14]

Para realizar la manufactura de los accesorios del vehículo eléctrico biplaza, se partió de los moldes fabricados por router CNC (Figura 9) y se empleó un método muy conocido, llamado: moldeo por contacto (laminación manual), la cual es una técnica muy antigua, pero a la vez muy práctica ya que no necesita de calor adicional para su polimerización al completo ni de alta presión de moldeo para su estratificación. [15]



**Figura 9:** Molde inferior alerón delantero construido en CNC.  
**Fuente:** Autores.

El moldeo por contacto consiste en la aplicación de varias capas de fibra impregnadas con una resina y con la acción de una brocha se consigue la consolidación entre sí de las capas de material, evitando así la aparición de burbujas de aire atrapadas entre los revestimientos de fibra. [15]

Para que el procedimiento sea el correcto, es necesario que el molde esté en perfectas condiciones, es decir; deberá tener un buen acabado superficial para que las piezas a realizar no presenten imperfecciones por manufactura. [16]

En este caso, los moldes al presentar desperfectos provocados por el router CNC y que a su vez fueron realizados por partes, fue necesario un procedimiento de preparación adicional que consistía en: cortar material sobrante entre piezas, unir elementos, masillar, lijar y barnizar como se puede ver en la Figura 10.



**Figura 10:** Barnizado del molde alerón trasero.  
**Fuente:** Autores.

Todos los pasos anteriores se deben realizar para cada molde de los accesorios, es por ello que se detallara el proceso de uno solo, que en este caso es el alerón para el vehículo eléctrico biplaza.

Una vez que el molde esta con un perfecto acabado, se procede a limpiar la superficie con una tela, esto para evitar que cualquier impureza se adhiera al mismo, seguido a esto; se unta dos o tres capas de cera antiadherente en toda la superficie del molde (Figura 11).



**Figura 11:** Colocación de cera desmoldante en el molde construido.  
**Fuente:** Autores.

Después, se unta todo el molde del accesorio con una capa de alcohol de polivinilo, este es un alcohol especial que permite que la fibra se desmolde con facilidad y no se adhiera a las paredes. Por consiguiente, se deja secar a temperatura ambiente o con la ayuda de una pistola de calor (Figura 12).



**Figura 12:** Secado capa de alcohol de polivinilo.  
**Fuente:** Autores.

Por consiguiente, se realiza el proceso de laminado, que como ya se mencionó anteriormente, este proceso busca la compactación correcta con el molde y evitar la presencia de burbujas de aire en medio de las capas de fibra, es por ello que las herramientas apropiadas permitirán la correcta impregnación del material de refuerzo con la matriz, un buen rodillo o una brocha son ideales para extender la matriz polimérica en grandes superficies con mayor agilidad, permitiendo una distribución uniforme de la misma.

Para la construcción de los alerones se utilizó una capa de resina, después se colocó la fibra de carbono que será el material visible en la construcción (Figura 13), siguiente a esto, se unta con otra capa de resina y una última de fibra de vidrio, todo este conjunto de fibras permitirá que el accesorio sea muy resistente y a su vez su fabricación no sea de elevado costo.



**Figura 13:** Colocación de las capas de las fibras a utilizar en los accesorios.  
**Fuente:** Autores.

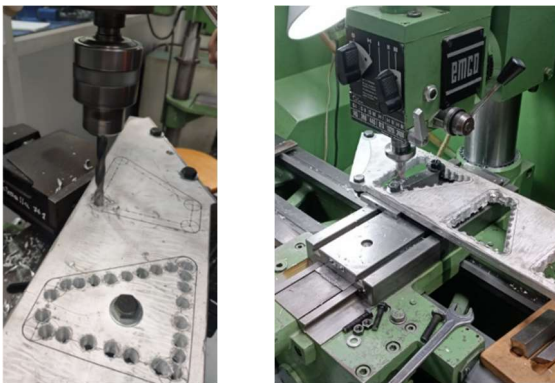


Este proceso se realiza en ambas partes del alerón (figura 14) y se debe dejar secar por unas horas a temperatura ambiente, después de este tiempo (curado), se procede al desmoldeo de la pieza con la ayuda de una espátula, procurando no dañarla para continuar con el último paso que es el de unir entre sí mediante una pequeña capa de fibra de vidrio y resina en las uniones, obteniendo como resultado el alerón del vehículo eléctrico biplaza.



**Figura 14:** Proceso de desmoldado del alerón delantero.  
**Fuente:** Autores.

Con los accesorios fabricados procedemos a la elaboración de los soportes de cada uno de ellos. En este caso para la elaboración del soporte se utilizó una plancha de aluminio de 4mm la cual se maquinó utilizando un taladro de banco y una fresadora como se observa en la Figura 15.



**Figura 15:** Taladrado y fresado soporte trasero del alerón.  
**Fuente:** Autores.

#### IV. ALCANCE Y RESULTADOS

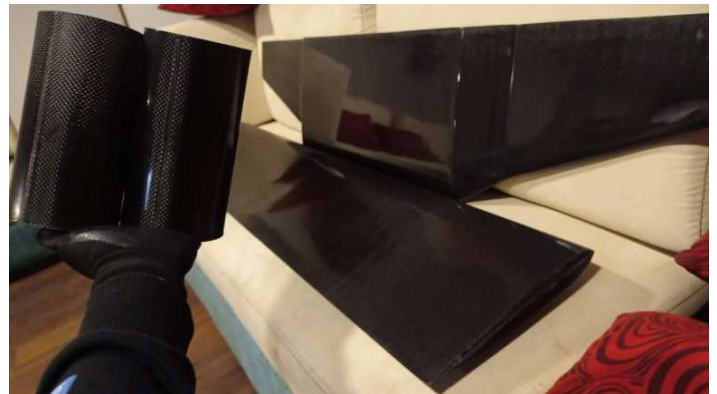
Para determinar el material adecuado se analizó las propiedades mecánicas de cada uno y aunque tanto la fibra de vidrio como la de carbono presentan buenas propiedades en cuanto a la elasticidad, solidez, resistencia y ligereza; se pudo evidenciar que la fibra de carbono era la más apropiada para la manufactura de los accesorios (figura 16), pero ésta presentaba un inconveniente en cuanto al elevado costo comparado con la fibra de vidrio, al igual que la disponibilidad en el mercado; es por ello que se optó por desarrollar un accesorio que combine las dos fibras, en su

exterior fibra de carbono y en su interior fibra de vidrio dando como resultado, un componente sólido y resistente a las condiciones del vehículo, además de un diseño llamativo.



**Figura 16:** Ensamble final de los accesorios en el chasis del vehículo eléctrico biplaza.  
**Fuente:** Autores.

La manufactura de accesorios elaborados con fibras permitió una reducción considerable en cuanto al peso general del vehículo, así también como una mejor estética debido a los acabados finales (figura 17) que se realizaron dando como resultado unos componentes completamente funcionales para el proyecto.



**Figura 17:** Acabados finales de los accesorios construidos.  
**Fuente:** Autores.

#### V. CONCLUSIONES

- En el desarrollo de los procesos de fabricación de los accesorios para el vehículo eléctrico biplaza fue necesario determinar el material adecuado mediante un estudio previo de las características de cada una de las fibras a utilizarse tanto de vidrio como de carbono, de esta manera la manufactura fue la adecuada dependiendo de las necesidades del proyecto.
- El integrar un proyecto en cualquier software CAD es realmente optimizar su proceso de manufactura, debido a que mediante el mismo podemos realizar modificaciones de

manera temprana, con esto lo que se espera es realizar varios prototipos y analizar el que realmente funcione bien con nuestra propuesta, esto con el afán de no desperdiciar materia prima ni tiempo al momento de fabricar sus partes.

- Por otro lado, al momento de realizar los puntos de anclaje de los accesorios, fue de gran ayuda tener una perspectiva computacional, debido a que se pudo realizar distintas propuestas y ensamblarlas para tener en cuenta aspectos como la ubicación, tamaño y estética, produciendo así armonía con el diseño general del vehículo.
- Los procesos de manufactura si bien fueron realizados de manera correcta mediante el método de laminación manual, existe uno que es capaz de realizar mejores acabados en su proceso de adherencia al molde y este es el proceso de sellado al vacío, sin embargo; la falta de instalaciones adecuadas, equipo y recursos económicos, impidió obtener accesorios desarrollados mediante este proceso.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Campoverde Pacurucu, P. S., & Idrovo Villa, A. E. (s.f.). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Propuesta de producción del tablero de fibra de carbono utilizando herramientas lean manufacturing para el vehículo monoplace formula SAE*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- [2] Champion Coria, A., & Álvarez Castillo, A. (2012). Acabado superficial en fibras de carbón mediante análisis de Hurst. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 1-7.  
<https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/07/2012-champion.pdf>
- [3] Cuesta Chiriboga, G. E., & Tobar Cando, J. M. (s.f.). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Evaluación de la factibilidad técnica y económica de la fabricación de autopartes en fibra de carbono en el Ecuador*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- [4] Cumbicos Sarango, J. D., & Vázquez León, D. L. (s.f.). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Evaluación técnico económica para la producción en fibra de carbono de un cubre manos para motocicletas de tipo cross mediante el proceso de laminado y empacado al vacío*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- [5] EPA. (19 de julio de 2017). *Vehicle and Fuel Emissions Testing*. Obtenido de <https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules.html>
- [6] Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. D. F, México: McGraw-Hill.
- [7] Isla, L., Singla, M., Rodríguez Porcel, M., & Granada, I. (2019). Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en américa latina y el caribe. *BID Banco Interamericano de Desarrollo*, 1-78.  
<https://publications.iadb.org/es/analisis-de-tecnologia-industria-y-mercado-para-vehiculos-electricos-en-america-latina-y-el-caribe>
- [8] Narciso Huerta, E. L. (s.f.). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Diseño y construcción de un atenuador de impacto a escala utilizando fibra de carbono mediante software Cad/Cae e impresión 3d*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- [9] Pérez Gaona, O. E. (s.f.). *Sistemas de manufactura. Elaboración de cuadernillo de apuntes*. Tecnológico de estudios superiores del Oriente del estado de México, Los Reyes, La Paz
- [10] Ortega Ortega, P. S. (2018). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Análisis de autopartes de fibra de carbono de geometría simple mediante software*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- [11] Peralta Quezada, S. X., & Vite Cueva, W. M. (2019). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Desarrollo de un draft para la fabricación de autopartes y elementos de geometrías simples en fibra de carbono*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- [12] Bele Tepán M. A., & Guamán Quizhpe J. S. (2019). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Estudio de factibilidad económica en la construcción de autopartes en fibra de carbono utilizando herramientas de manufactura esbelta*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- [13] Criollo Yanchapanta L. J., & Paredes Zumbana D. L. (2019). Ingeniero Mecánico Automotriz. *Diseño e implementación de una carrocería en fibra de carbono y resinas termoestables mediante el uso de software CAD/CAE para un vehículo solar de la escuela de ingeniería automotriz*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- [14] Busto Rodríguez, M. (2008). Ingeniería Química. *Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero*. Universidad De Cádiz, Andalucía.
- [15] Besednjak, a. (2011). *Moldeo por contacto laminación manual*.
- [16] Mariano. (01 de Noviembre de 2011). *Moldeo manual de materiales compuestos*. Obtenido de Tecnología de los Plásticos:  
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/11/moldeo-manual-de-materiales-compuestos.html>
- [17] Rubio, A. (2018). *Anuario 2019: Predicciones*.  
[https://www.aeade.net/wpcontent/uploads/2020/07/AE-ADE-ANUARIO-2019-OK\\_1.pdf.html](https://www.aeade.net/wpcontent/uploads/2020/07/AE-ADE-ANUARIO-2019-OK_1.pdf.html)
- [18] Pascual Bolufe. (2007). *La fibra de carbono, un material para el siglo 21*. Obtenido de INTEREMPRESAS.  
<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/16574-La-fibra-de-carbono-un-material-para-el-siglo-21.html>
- [19] Suresh Sadhwani, M. (2019). Trabajo fin de grado. *Fibra de vidrio*. Universidad Complutense, Madrid.