



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS AUTOMOTRICES PARA UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO BI-PLAZA CON LA UTILIZACIÓN DE
MOLDES DESARROLADOS CON CNC**

**Trabajo de graduación previo a la obtención de título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Nombre de los autores:

**CARLOS DANIEL CRESPO QUEZADA
EDISON PATRICIO IDROVO PLAZA**

Nombre del Director:

ING. FRANCISCO TORRES MSC.

CUENCA – ECUADOR

2022

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi vida, a mis abuelitos Teresa y José por su apoyo incondicional y a mi madre por llevarme por el camino del bien, ustedes son las personas más importantes de mi vida y mi motivo para luchar y salir adelante.

Daniel

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen del Cisne por haber iluminado mi mente.

A mi papá que me apoyó y me apoya siempre, y en especial a mi mamá que siempre estuvo conmigo hasta su último aliento, esto es por y para ti.

A mi hermano, familiares y amigos que en su momento me apoyaron.

Edison

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos guiado durante nuestra etapa universitaria.

A la Universidad del Azuay por ser nuestro segundo hogar y darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

A los Ingenieros Francisco Torres y Robert Rockwood por los conocimientos impartidos para realizar este trabajo de titulación y demás docentes por sus sabios consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	10
A. ESTADO DEL ARTE	10
2. METODOLOGÍA	11
A. DISEÑO CAD DE LOS MOLDES DE LOS ACCESORIOS.	11
B. ANÁLISIS CAD/CAM PARA LA MANUFACTURA EN CNC DE LOS MOLDES.	12
C. CONSTRUCCIÓN DE LOS ACCESORIOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA UTILIZANDO MATERIALES COMPUESTOS.	14
3. ANÁLISIS Y RESULTADOS	18
4. CONCLUSIONES	20
5. REFERENCIAS	20
6. ANEXOS	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Ángulos de salida [6].....	11
Fig. 2 Planos de partición [8].....	12
Fig. 3 Modelado de molde.....	12
Fig. 4 Análisis CAD/CAM del molde.....	12
Fig. 5 Simulación trayectoria desbaste del molde.....	12
Fig. 6 Simulación trayectoria acabado del molde.....	12
Fig. 7 Fase desbaste del molde.....	13
Fig. 8 Fase acabado del molde.....	13
Fig. 9 Código alfanumérico desbaste.....	13
Fig. 10 Código alfanumérico acabado.....	13
Fig. 11 Adecuación del molde.....	14
Fig. 12 Masillado de los contornos.....	15
Fig. 13 Molde preparado.....	15
Fig. 14 Capa de alcohol polivinílico.....	15
Fig. 15 Capa de fibra de carbono.....	15
Fig. 16 Refuerzo con fibra de vidrio.....	15
Fig. 17 Estructura de las dos caras del faro.....	16
Fig. 18 Ensamble de las dos partes del faro.....	16
Fig. 19 Faros terminados.....	16
Fig. 20 Diseño CAD tablero de instrumentos.....	16
Fig. 21 Dimensión parámetros de escala.....	17
Fig. 22 Tablero terminado.....	17
Fig. 23 Soporte del alerón posterior.....	17
Fig. 24 Corte del soporte del alerón.....	17
Fig. 25 Soporte del alerón recortado.....	17
Fig. 26 Eliminación de rebabas.....	18
Fig. 27 Taladrado de la parte interna del soporte del alerón.....	18
Fig. 28 Eliminación de los cantos vivos internos del soporte del alerón.....	18
Fig. 29 Parte interna del soporte terminada.....	18
Fig. 30 Prueba en Espuma Flex.....	19
Fig. 31 Prueba en madera MDF.....	19
Fig. 32 Pulido de las piezas.....	19
Fig. 33 Soldadura de las placas para los soportes delanteros del alerón.....	19
Fig. 34 Soportes sujeción del alerón posterior.....	20
Fig. 35 Alerón acoplado al vehículo.....	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de la fibra de vidrio [11].	14
Tabla 2. Propiedades de la fibra de carbono [11].	14

CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS AUTOMOTRICES PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BI-PLAZA CON LA UTILIZACIÓN DE MOLDES DESARROLLADOS CON CNC.

RESUMEN

El presente proyecto forma parte de la construcción de un vehículo eléctrico biplaza propuesto por la escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad del Azuay, el objetivo fue desarrollar una metodología que permita obtener accesorios automotrices manufacturados en moldes realizados mediante CNC, para lo cual primero se revisó bibliografía sobre la elaboración de moldes y piezas automotrices en materiales compuestos, logrando identificar las tres etapas de las que consta la elaboración de un molde con herramientas de ingeniería, siendo estas: Diseño CAD, análisis CAD/CAM y mecanizado en CNC. Luego de desarrollar estas etapas se obtiene como resultado la manufactura de los moldes para cada accesorio del vehículo en madera MDF, para posteriormente llevar a cabo la construcción de los accesorios empleando el método de laminado manual de cada una de las piezas en los moldes desarrollados, a las cuales después de la fase de curado se realizan los procesos necesarios para mejorar su acabado superficial. Finalmente, se desarrolla los elementos de sujeción de todos los accesorios que permitirán el ensamble de los mismos al vehículo eléctrico biplaza. El resultado es la elaboración de los accesorios utilizando fibra de carbono y fibra de vidrio por laminación manual en los moldes desarrollados con CNC.

Palabras claves- Accesorios, CNC, composites, eléctrico, fibras, moldes, vehículo.



.....
Ing. Francisco Torres Moscoso. Msc
Director del Trabajo de Titulación



.....
Ing. Robert Rockwood. Msc.
Director de Escuela



.....
Carlos Daniel Crespo Quezada
Autor



.....
Edison Patricio Idrovo Plaza
Autor

CONSTRUCTION OF AUTOMOTIVE ACCESSORIES FOR A TWO-SEATER ELECTRIC VEHICLE WITH THE USE OF MOLDS DEVELOPED WITH CNC.

ABSTRACT

This project is part of the construction of a two-seater electric vehicle proposed by the School of Automotive Engineering of the Universidad del Azuay, the objective was to develop a methodology to obtain automotive accessories manufactured in molds made by CNC, for which we first reviewed literature on the development of molds and automotive parts in composite materials, managing to identify the three stages of the development of a mold with engineering tools, these being: CAD design, CAD / CAM analysis and CNC machining. After developing these stages, the result is the manufacture of the molds for each accessory of the vehicle in MDF wood, to later carry out the construction of the accessories using the method of manual lamination of each of the pieces in the developed molds, to which after the curing phase the necessary processes are carried out to improve its surface finish. Finally, the fastening elements of all the accessories that will allow their assembly to the two-seater electric vehicle are developed. The result is the elaboration of the accessories using carbon fiber and fiberglass by manual lamination in the molds developed with CNC.

Keywords- Accessories, CNC, composites, electrical, fibers, molds, vehicle.



.....
Eng. Francisco Torres Moscoso. Msc
Thesis Director



.....
Eng. Robert Rockwood. Msc.
School Director

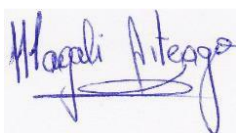


.....
Carlos Daniel Crespo Quezada
Author



.....
Edison Patricio Idrovo Plaza
Author

Translated by





Daniel Crespo and Edison Idrovo

CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS AUTOMOTRICES PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BI-PLAZA CON LA UTILIZACIÓN DE MOLDES DESARROLLADOS CON CNC.

Carlos Daniel Crespo Quezada
 Universidad del Azuay
 Facultad de Ciencia y Tecnología
 Ingeniería Mecánica Automotriz
 Cuenca, Ecuador
 dannycrespo@es.uazuay.edu.ec

Edison Patricio Idrovo Plaza
 Universidad del Azuay
 Facultad de Ciencia y Tecnología
 Ingeniería Mecánica Automotriz
 Cuenca, Ecuador
 edisonidrovo@es.uazuay.edu.ec

Resumen— El presente proyecto forma parte de la construcción de un vehículo eléctrico biplaza propuesto por la escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad del Azuay, el objetivo fue desarrollar una metodología que permita obtener accesorios automotrices manufacturados en moldes realizados mediante CNC, para lo cual primero se revisó bibliografía sobre la elaboración de moldes y piezas automotrices en materiales compuestos, logrando identificar las tres etapas de las que consta la elaboración de un molde con herramientas de ingeniería, siendo estas: Diseño CAD, análisis CAD/CAM y mecanizado en CNC. Luego de desarrollar estas etapas se obtiene como resultado la manufactura de los moldes para cada accesorio del vehículo en madera MDF, para posteriormente llevar a cabo la construcción de los accesorios empleando el método de laminado manual de cada una de las piezas en los moldes desarrollados, a las cuales después de la fase de curado se realizan los procesos necesarios para mejorar su acabado superficial. Finalmente, se desarrolla los elementos de sujeción de todos los accesorios que permitirán el ensamble de los mismos al vehículo eléctrico biplaza. El resultado es la elaboración de los accesorios utilizando fibra de carbono y fibra de vidrio por laminación manual en los moldes desarrollados con CNC.

Palabras clave: Accesorios, CNC, composites, eléctrico, fibras, moldes, vehículo.

Abstract— This project is part of the construction of a two-seater electric vehicle proposed by the School of Automotive Engineering of the Universidad del Azuay, the objective was to develop a methodology to obtain automotive accessories manufactured in molds made by CNC, for which we first reviewed literature on the development of molds and automotive parts in composite materials, managing to identify the three stages of the development of a mold with engineering tools, these being: CAD design, CAD / CAM analysis and CNC machining. After developing these stages, the result is the manufacture of the molds for each accessory of the vehicle in MDF wood, to later carry out the construction of the accessories using the method of manual lamination of each of the pieces in the developed molds, to which after the curing phase the necessary processes are carried out to improve its surface finish. Finally, the fastening elements of all the accessories that will allow their assembly to the two-seater electric vehicle are developed. The result is the elaboration of the accessories using carbon fiber and fiberglass by manual lamination in the molds developed with CNC.

Keywords: Accessories, CNC, composites, electrical, fibers, molds, vehicle.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enfoca en la manufactura de los accesorios de un vehículo eléctrico, utilizando moldes desarrollados en CNC y el método de laminación manual. Se da en el marco del desarrollo del proyecto consistente en la construcción de un vehículo eléctrico biplaza procurando mostrar la transición de automóviles de combustión interna a eléctricos que se está teniendo a nivel mundial en busca de una mejor calidad de vida.

Debido a la complejidad geométrica de algunas de estas autopartes se recurre al software CAD para la creación de los modelos digitales tridimensionales y procesos de manufactura CAM por medio de máquinas CNC para la fabricación de los moldes de las piezas, permitiendo así la innovación de nuevos productos con geometrías complejas [1].

La aplicación de estos softwares en el desarrollo de moldes permite manufacturar en fibra de vidrio o fibra de carbono los siguientes accesorios: alerones, espejos retrovisores, faros, cubierta del roll bar y el tablero de instrumentos del vehículo eléctrico biplaza.

El objetivo general es construir accesorios automotrices mediante moldes elaborados con CNC para un vehículo eléctrico biplaza, analizando bibliografía sobre la elaboración de moldes y piezas automotrices de carrocería en fibra de vidrio o fibra de carbono, luego diseñar mediante CAD los moldes de los alerones, espejos retrovisores, faros, cubierta del roll bar y tablero de instrumentos del vehículo eléctrico biplaza, posteriormente construir mediante CNC los moldes de los accesorios de este vehículo y finalmente obtener los accesorios mencionados anteriormente.

A. ESTADO DEL ARTE

La autora Ivonne Duran T. en su tesis “Proceso para la elaboración de moldes” enfatiza la importancia del moldeo por inyección, porque se pueden producir piezas de manera rápida con alto nivel de producción y bajo costo. Lo cual representa parcialmente un método simple para la producción de formas geométricas complejas. El control numérico por computadora (CNC) facilita la fabricación de moldes complejos, gracias a los recorridos 3D que estas máquinas pueden realizar, y la implementación de esta tecnología, combinada con la ayuda de un sistema CAD/CAM, permite una producción de la mejor calidad sin necesidad de personal especializado, lo que supone una ventaja importante en el proceso de fabricación [2].

El autor Giovanni Samaniego en su tesis “Diseño y manufactura de un alerón para aplicación automotriz con materiales compuestos de matriz poliéster con refuerzo de fibra de vidrio por medio de CAD/CAE/CAM” presenta un estudio de las cargas aerodinámicas en un vehículo, mediante simulación en un modelo CFD con el fin de seleccionar el alerón con ángulo de incidencia más adecuado para el vehículo en análisis. Se destaca además la importancia de contar con un mallado de alta calidad de la geometría del vehículo, por lo tanto, se aplica el método de reconstrucción de superficies, para evitar datos erróneos. En el modelo CAD del alerón con mejores resultados se realiza las adecuaciones para posteriormente importar el sólido a un software CAM, una vez configurado los parámetros se procede a la manufactura del alerón en madera mediante una máquina CNC, el modelo resultante es la base para generar el molde reforzado con fibra de vidrio del alerón con 15° de incidencia. Este alerón presenta una ganancia de carga aerodinámica mejorando la adherencia de los neumáticos [1].

El autor Luis Taipe en su estudio “Análisis del proceso de construcción del molde para la cubierta de guardachoque mediante la técnica de herramienta rápida moldeo por resina” realizan un análisis para la obtención de un molde para un guardachoque de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio utilizando la técnica directa de rapid tooling. Para llevar a cabo el proyecto realizaron prototipos basados en la técnica de los artesanos del sector para verificar la calidad del producto obtenido. Se modeló la topografía del guardachoque en tres dimensiones, aplicando ingeniería inversa obtuvieron los planos de la pieza original que posteriormente fueron comparados con el primer prototipo para un control de calidad. Al realizar este proceso verificaron las desviaciones dimensionales y de forma, comprobaron la capacidad de la resina en la réplica de superficies de contacto y el desgaste en piezas mediante mediciones con rugosímetro de cinco piezas en cinco piezas hasta un total de veinte, determinando así que la temperatura ambiente afecta a la pieza original como al molde con una diferencia entre estos de 9%. Mencionan también que la resina poliéster en la dosificación recomendada por los proveedores reproduce la textura de superficie a detalle con un desgaste mínimo de 0.1 micras. Finalizando con la propuesta de mejorar el proceso para la obtención del molde y planos CAD de piezas con dimensiones medianas y secciones delgadas de 2 mm en el caso del guardachoque [3].

Los autores José Anchatuña y Víctor Loachamín “Construcción de un prototipo de un cubre neumático mediante moldeo ligero por transferencia de resina de compuestos” desarrollan un prototipo de cubre neumático mediante Moldeo Ligero por Transferencia de Resina (MTLR), usando materiales compuestos de resina poliéster reforzada con fibra sintética y natural. Además, señalan que se manufactura un molde con el fin de obtener las probetas y el cubre neumático. Estos moldes se componen de 2 partes: el macho y la hembra, los cuales constan de cavidades para los sellos internos y externos que permiten hermetizar el molde. La construcción del molde del prototipo se hizo utilizando como base un cubre neumático original previamente acondicionado para así garantizar que la pieza no sufriera daños durante el proceso de vaciado. La fabricación de probetas permitió ganar experiencia en comprobar la rigidez de los moldes, determinar el tiempo de infusión de la resina, el corte adecuado de la fibra de vidrio y el control de

homogeneidad del espesor del cubre neumático, obteniendo como resultado una pieza con un buen acabado superficial, es evidente que la calidad de la pieza depende completamente de la del molde, ya que el cubre neumático reproduce la superficie del mismo [4].

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el presente estudio para la construcción de los accesorios consta de tres etapas:

A. DISEÑO CAD DE LOS MOLDES DE LOS ACCESORIOS.

En el diseño CAD de los moldes se tomaron en cuenta tres puntos importantes: ángulos de salida, planos de partición y modelado de los moldes.

Ángulos de salida: Se debe tomar en cuenta que al momento de fabricar una pieza esta tiene que desmoldar con facilidad, para ello debemos ver que las paredes de la pieza estén paralelas a la dirección de extracción de la misma, dicha pieza debe tener una conicidad para que esta no se quede adherida en la pared interna o externa del molde que estamos trabajando (Fig. 1), ya que sufre una contracción en la fase de curado dentro del molde. Los valores que normalmente se aplican están entre 0.5° por cara, aunque lo más común es aplicar entre 1° y 3° de desmoldeo [5].

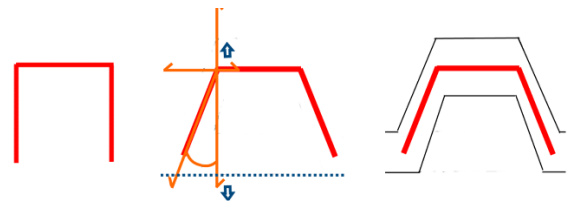


Fig. 1 Ángulos de salida [6].

Planos de partición: Cuando hablamos de planos de partición hacemos referencia a la cavidad de moldeo, la cual el molde se puede dividir en varias partes y la línea de unión de estas partes se denominan líneas de partición del molde (Fig. 2), las cuales dependiendo de su posición se diferencian dos tipos de moldeo, los cuales son:

Moldeo horizontal: Los moldes más comunes son los que están diseñados con la partición horizontal, las cuales utilizan dos cajas de moldeo dependiendo de la pieza que queramos obtener, están son molde superior y molde inferior.

Moldeo vertical: Este tipo de moldeo es aplicado en la fabricación de piezas pequeñas ya que se toma en cuenta las limitaciones en las dimensiones en el moldeo, además las dos partes del molde tienden a separarse lo que en los moldes dispuestos horizontalmente se da solución colocando un peso encima del molde [7].

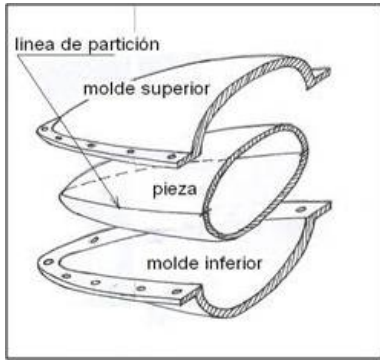


Fig. 2 Planos de partición [8].

Modelado de los moldes: Tomando en cuenta los dos parámetros anteriormente mencionados, se procedió con el modelado de los moldes utilizando un ángulo de salida de 1° (Fig. 3), para los planos de partición se presentó una limitante debido a las herramientas que se dispone las cuales solo nos permitían mecanizar una profundidad de 45 mm, por lo que dependiendo de los diferentes moldes de los accesorios se realizaron varios planos de partición hasta lograr mecanizar la profundidad requerida por los respectivos moldes.

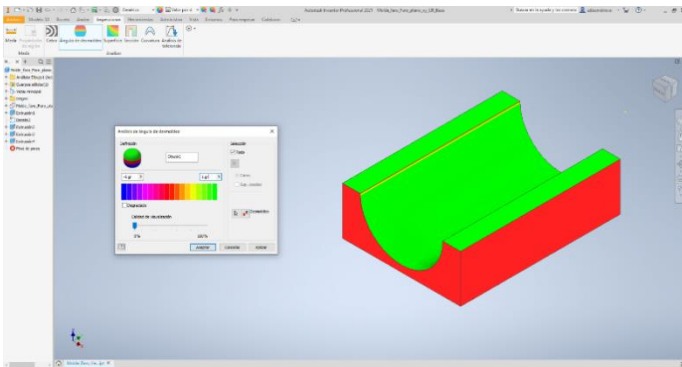


Fig. 3 Modelado de molde.

B. ANÁLISIS CAD/CAM PARA LA MANUFACTURA EN CNC DE LOS MOLDES.

Una de las funciones más relevantes de un sistema CAD/CAM (Fig. 4) es la capacidad de simular la trayectoria de la herramienta en el proceso de fabricación, programar la estrategia de trayectoria y otros parámetros que definen cada proceso involucrado en el proceso de elaboración (Fig. 5 y 6).

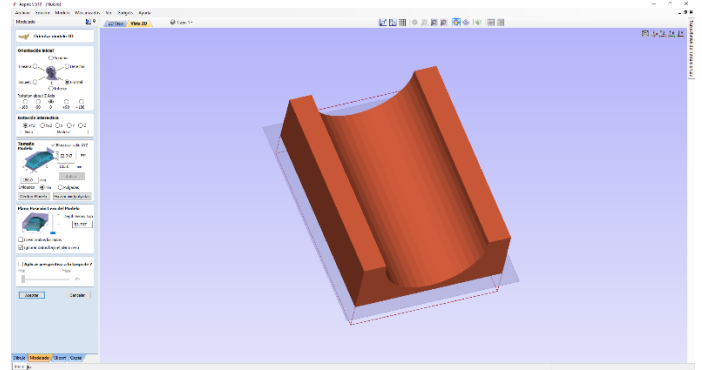


Fig. 4 Análisis CAD/CAM del molde

Programación CNC: Usando el software Aspire, podemos crear y simular diferentes etapas y rutas de mecanizado: desbaste y acabado de cada molde, de esta manera podemos obtener los códigos de operación que requiere la herramienta CNC para hacer los moldes.

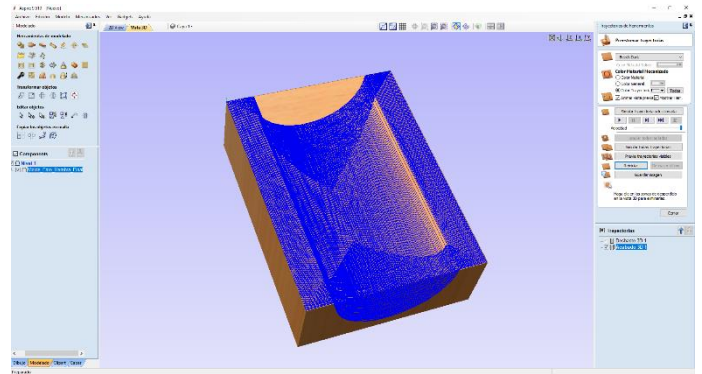


Fig. 5 Simulación trayectoria desbaste del molde

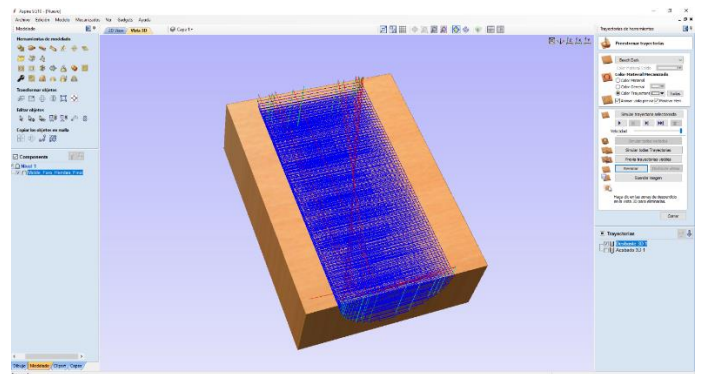


Fig. 6 Simulación trayectoria acabado del molde

Simulación de pruebas de fabricación en software CAM: El sistema CAD/CAM puede generar el software CNC necesario para controlar automáticamente las operaciones de torneado, fresado y taladrado. Las instrucciones generadas por computadora se pueden modificar tantas veces como sea necesario para optimizar la ruta de las herramientas. Este es el punto central de la simulación, que es, después de todo, un modelo virtual animado

C. CONSTRUCCIÓN DE LOS ACCESORIOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA UTILIZANDO MATERIALES COMPUESTOS.

Un material compuesto es un sistema de materiales formado por una mezcla de dos o más micro o macro componentes, podemos identificar dos fases: una continua, constituida por matrices, y otra fase discontinua, denominada refuerzo. Los materiales compuestos aportan numerosas propiedades funcionales: ligereza, resistencia mecánica y química, mantenimiento reducido, libertad de formas. Las fibras de refuerzo más utilizadas son las fibras de vidrio y de carbono [10].

Fibra de vidrio.

Es un material muy utilizado en el sector automotriz por su facilidad de manejo, buena resistencia mecánica y bajo peso, además de no necesitar una infraestructura especializada para su proceso de manufactura y principalmente por su bajo costo [11], en la tabla 1 se muestran las propiedades de la fibra de vidrio

Tabla 1. Propiedades de la fibra de vidrio [11].

Propiedades	Vidrio E	Vidrio R	Vidrio ECR	Advantex	Vidrio S
Densidad (kg/m ³)	2620	2550	2670	2626	2480
Coefficiente de dilatación (K)	5.4x10 ⁻⁶	5.1x10 ⁻⁶	5.9x10 ⁻⁶	5.4x10 ⁻⁶	6.0x10 ⁻⁶
Resistencia de Tracción (MPa)	3450	3400	3450	3500	4890
Módulo de Elasticidad (GPa)	72	85	72	81	87
Viscosidad: Punto de reblandecimiento (°C)	850	950	880	915	1050

Fibra de carbono.

Es un material cada vez más integrado al sector de la automoción. Se trata de un material compuesto por átomos de carbono que forman fibras muy delgadas (de 5 a 10 micras). Trenzando las fibras entre sí se crean hilos de gran resistencia y uniendo cientos de estos hilos se crean las telas de fibra de carbono que serán la base para crear las piezas que se requiera, este material se hizo muy popular en la competición de Fórmula 1 debido a sus propiedades, es más fuerte que el acero y más resistente que el aluminio, además de que no presenta la corrosión de los metales y por lo tanto su durabilidad es mayor [11], en la tabla 2 se muestran las propiedades de la fibra de carbono.

Tabla 2. Propiedades de la fibra de carbono [11].

Propiedades	Fibra SM ^a	Fibra SM ^b	Fibra IM ^b	Fibra HM ^b
Contenido en carbono (%)	95	95	95	>99
Diámetro de la fibra (μm)	(6 - 8)	(6 - 8)	(5 - 6)	(5 - 8)
Densidad (gtm)	1.8	1.8	1.8	1.9
Módulo de Young (GPa)	228	(220 - 241)	(290 - 297)	(345 - 448)
Resistencia a la tracción (MPa)	3800	(3450 - 4830)	(3450 - 6200)	(3450 - 5520)
Alargamiento a la rotura (%)	1.6	(1.5 - 2.2)	(1.3 - 2.0)	(0.7 - 1.0)
Resistividad eléctrica (μ _{cm})	1650	1650	1450	900
Conductividad térmica (W/m.K)	20	20	20	(50 - 80)

Resina.

De la combinación de matriz-refuerzo, se otorgan las principales propiedades mecánicas al nuevo material. Las fibras de refuerzo ya constituyen por sí solas el elemento resistente del material. Sin embargo, aisladamente, su eficiencia no es la óptima, siendo necesario combinarlas con una matriz que las proteja de factores externos y con algún tipo de refuerzo en particular. Siendo las más comunes la resina epóxica y poliéster para la fibra de carbono y fibra de vidrio respectivamente [10].

Para fabricar las piezas del vehículo eléctrico biplaza se utilizó los moldes manufacturados mediante CNC previamente descritos, el método empleado para la construcción de los accesorios fue el denominado laminado manual, que consiste en aplicar varias capas de material de refuerzo (fibras) impregnadas con una resina y consolidadas mediante la acción de un rodillo o una brocha, esto con el objetivo de eliminar las burbujas de aire existentes entre capas [12].

La técnica de laminación manual es uno de los métodos más sencillos para elaborar una pieza reforzada con fibra, en este caso utilizaremos las fibras de vidrio y de carbono, el proceso es llevado a cabo en un molde abierto el cual debe estar perfectamente acondicionado, primero se debe contar con un buen acabado superficial del molde a utilizar, de no ser el caso se debe seguir un procedimiento el cual consiste en masillar, lijar y pintar (Fig. 11 y 12) para obtener una superficie óptima previo al laminado (Fig. 13) [13].



Fig. 11 Adecuación del molde.



Fig. 12 Masillado de los contornos



Fig. 13 Molde preparado

Con un acabado superficial óptimo, se continúa con el proceso de laminado para el cual se unta dos capas de cera antiadherente en la superficie lisa del molde, la cual evita el contacto directo con la resina. Se cubre el molde con alcohol polivinílico y se deja secar, esto ayuda como desmoldante (Fig. 14).



Fig. 14 Capa de alcohol polivinílico

El material debe ir bien compactado respecto al molde, no debe existir la presencia de aire en medio de la fibra de carbono y el molde, se debe aplicar resina adicional y las láminas necesarias de fibra de refuerzo con el fin de mejorar el impregnado de las mismas. La brocha es utilizada para asegurar que la resina sea esparcida por todas las superficies, mojado todo el laminado y que las burbujas de aire sean eliminadas [13].

En nuestro caso, en la construcción del faro se utilizó resina y una capa de fibra de carbono (Fig. 15), la cual fue reforzada con más resina y una capa de fibra de vidrio (Fig. 16 y 17), esto con el fin de abaratar costes.



Fig. 15 Capa de fibra de carbono



Fig. 16 Refuerzo con fibra de vidrio



Fig. 17 Estructura de las dos caras del faro

Habiendo realizado este proceso en las dos partes del molde se procede con el ensamble utilizando fibra de vidrio y resina, para obtener la pieza correspondiente al faro (Fig. 18).



Fig. 18 Ensamble de las dos partes del faro

Una vez realizado este proceso, se debe dejar secar el tiempo necesario según el entorno en el que se esté trabajando. Transcurrido el tiempo de curado de la pieza que estamos trabajando, pasamos al proceso de desmoldeo aplicando ligeros golpes, con cuidado de no dañar la pieza. Con la pieza extraída del molde, se enjuaga para eliminar cualquier residuo existente de los químicos aplicados en el molde (Fig. 19).



Fig. 19 Faros terminados

El proceso descrito se lleva a cabo en la construcción de cada uno de los accesorios como se muestra en los anexos.

Manufactura del tablero de instrumentos.

Impresión 3D

A diferencia de los demás accesorios que fueron construidos en fibra de carbono utilizando moldes manufacturados con CNC y el método de laminado manual, luego de analizar diferentes propuestas debido a la complejidad de realizar moldes para el tablero por su tamaño, geometría y el tiempo requerido, se tomó la decisión de construir el mismo mediante impresión 3D, para cual se procedió con el diseño CAD contemplando los elementos a incorporar como: velocímetro, palanca de cambios, caja de fusibles, etc. (Fig. 20). El material a utilizar será PLA (Ácido Poliláctico) que es uno de los materiales más comunes en el mundo de la impresión 3D, el tablero será impreso en 5 partes de aproximadamente 25 cm, esto debido al área de trabajo que permite la impresora en los 3 ejes (x,y,z) que es de 30 cm (Fig. 21), para asegurar una correcta rigidez en los puntos de unión de cada una de las partes se colocaron nervios y pernos para así tener una mayor resistencia estructural.

Para mejorar el acabado superficial del tablero obtenido por impresión 3D, el mismo es lijado y forrado mejorando así su apariencia visual (Fig. 22).

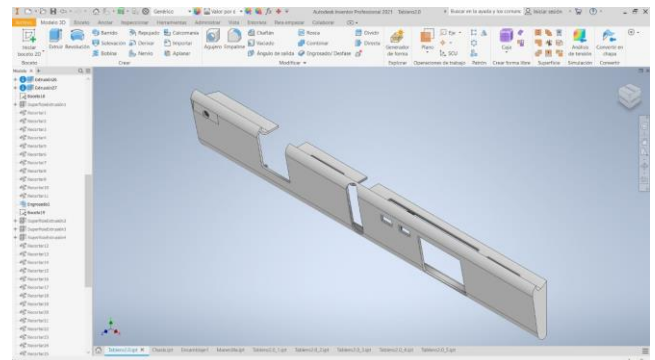


Fig. 20 Diseño CAD tablero de instrumentos

La impresión 3D es el proceso que implica el uso de un cabezal de trabajo para fundir termoplásticos suministrados en forma de alambre o filamentos y la extrusión de termoplásticos fundidos a través de una pequeña boquilla para depositar el material a lo largo de una ruta planificada por un control de computadora [14].

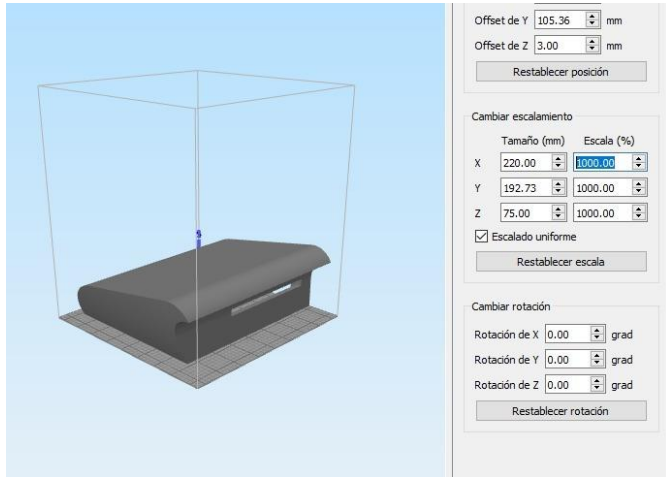


Fig. 21 Dimensión parámetros de escala



Fig. 22 Tablero terminado

Manufactura de elementos de anclaje.

Con los accesorios fabricados y la información 2D y 3D proporcionada referente a los elementos de anclaje por el grupo “Integración CAD y procesos de manufactura aplicados a la fabricación de accesorios automotrices” de los autores D. Morocho y S. Pulgarín, estos elementos fueron fabricados en planchas de aluminio y acero.

El proceso de construcción es el mismo para cada grupo de soportes. El siguiente proceso para fabricar los soportes posteriores se describe en detalle a continuación.

El primer paso a realizar es imprimir los dibujos a escala real para

luego pegarlos en las respectivas planchas de aluminio como guía y así obtener la geometría de los soportes (Fig. 23).

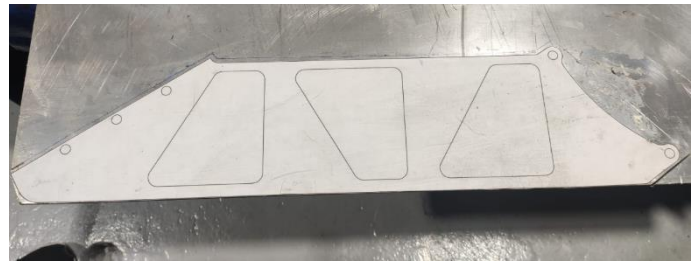


Fig. 23 Soporte del alerón posterior

Una vez perfilada la forma sobre la lámina de aluminio, se recorta con la ayuda de una amoladora la silueta del soporte del alerón trasero (Fig. 24), dejando una tolerancia de 2 mm a cada lado para realizar la etapa de acabado usando una fresa.



Fig. 24 Corte del soporte del alerón



Fig. 25 Soporte del alerón recortado

Con el perfil obtenido después del corte (Fig. 25), utilizamos una fresa para aplanar mejorando así el perímetro del soporte que queda con rebabas, esto debido al corte brusco que deja la amoladora (Fig. 26).



Fig. 26 Eliminación de rebabas

Para obtener las cavidades interiores, se perforaron varios agujeros para eliminar el exceso de material del interior del soporte del alerón (Fig. 27).



Fig. 27 Taladrado de la parte interna del soporte del alerón

Con el material sobrante del interior extraído y con la ayuda de la fresa desbastamos los bordes interiores de la figura para eliminar los cantos vivos que quedan después del taladrado (Fig. 28), de esta manera obtenemos un filo uniforme y un buen acabado de los bordes (Fig. 29).



Fig. 28 Eliminación de los cantos vivos internos del soporte del alerón



Fig. 29 Parte interna del soporte terminada

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Determinación del material de los moldes:

A partir del diseño de los moldes prediseñados para los accesorios del vehículo eléctrico, se proponen dos materiales temporales para su fabricación, a saber, poliestireno expandido (Espumaflex) y MDF (Madera), debido a su facilidad de uso, acceso y bajo costo en el mercado.

Se realizaron diferentes pruebas en poliestireno (Fig. 30) y si bien, se obtuvieron buenos resultados en la fase de desbaste, en la fase de acabado el desprendimiento de material dañó seriamente la superficie del molde a obtener, dando como resultado un molde inservible para la construcción de las piezas.



Fig. 30 Prueba en Espumaflex

Por otro lado, las pruebas realizadas en MDF (Fig. 31) lograron los resultados esperados, ya que no se observó separación de materiales que pudieran dañarse tanto en la etapa de fabricación como en el acabado superficial del molde.

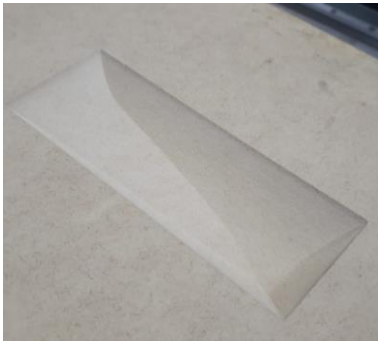


Fig. 31 Prueba en madera MDF

Debido a los resultados obtenidos utilizando los dos materiales propuestos anteriormente, se encontró que el material más adecuado es el MDF, ya que este material proporciona un buen acabado superficial de los moldes, lo cual es necesario para la fabricación precisa de las piezas.

Acabados de los accesorios del vehículo eléctrico:

Luego de desmoldadas las piezas, se realiza un trabajo de pulido en la superficie de las mismas, con el fin de eliminar los residuos químicos utilizados en su fabricación, y así obtener un mejor y brillante acabado superficial de los accesorios (Fig. 32).



Fig. 32 Pulido de las piezas

Manufactura de soportes de sujeción de los accesorios del vehículo eléctrico:

Debido a la necesidad de ensamblar los accesorios en el vehículo, es necesario hacer soportes para cada uno de ellos, fabricados en aluminio evitando un peso extra que afecte significativamente el desempeño del auto. Además, es necesario soldar placas de acero a la estructura para ensamblar estos soportes (Fig. 33 y 34).



Fig. 33 Soldadura de las placas para los soportes delanteros del alerón



Fig. 34 Soportes sujeción del alerón posterior



Fig. 35 Alerón acoplado al vehículo

mismo. Hay que tener en cuenta los ángulos de incidencia, al igual que los niveles de separación necesarios y la orientación adecuada para extraer correctamente la pieza.

- Es necesario un correcto diseño CAD/CAM de los moldes para post procesar las trayectorias de mecanizado que permitan obtener el código alfanumérico que es interpretado por el controlador de la máquina CNC, por lo que es imprescindible conocer diversos tipos de tácticas, estrategias de corte y características del material a utilizar, ya que de esto depende la calidad del acabado superficial del molde.
- La principal limitante a la hora de fabricar los diferentes accesorios de fibra de vidrio o carbono es su forma, debido a que el método utilizado para fabricarlos es la laminación manual sin sellado al vacío, es decir, que las fibras de carbono no consiguen una adherencia exacta a la superficie del molde. Existen ángulos pronunciados que crean burbujas de aire, siendo este el caso de los espejos, por lo que su estructura fue realizada en fibra de vidrio. En cuanto a los faros, alerón delantero y posterior, están fabricados en fibra de carbono porque al ser piezas de gran tamaño y superficie plana, no las hace difíciles de fabricar.

4. CONCLUSIONES

- Debido a los procesos para la fabricación de los moldes, es necesario tener en cuenta los materiales con los que se fabricarán, los cuales deben ser compatibles con los materiales con los que se fabricará los accesorios del automóvil. Necesitamos considerar el molde y el diseño de la superficie de la pieza. Por ello, es importante hacer un análisis previo del tipo de material compuesto (fibra de vidrio, fibra de carbono) con el que estaremos trabajando, pues para ello tenemos en cuenta todas las características que interfieren en la elaboración de los accesorios del vehículo eléctrico biplaza.
- Para obtener un diseño CAD ideal del molde de las autopartes, debemos tener en cuenta aspectos como el ángulo de desmoldeo y el plano de partición, debido a que la forma del molde tiene áreas concentradas donde la adhesión del material tiende a ser compleja, lo que hace que la unión no sea adecuada y no esté bien definida en ciertas partes de su estructura, las cuales deben tener en cuenta los ángulos de salida que ayudan a la hora de sacar la pieza del molde, evitando así dañar la superficie del

5. REFERENCIAS

- [1] Samaniego, G. (2018). Magister en manufactura y diseño asistido por computador. *Diseño y manufactura de un alerón para aplicación automotriz con materiales compuestos de matriz poliéster con refuerzo de fibra de vidrio por medio de cad/cae/cam*. Universidad de las fuerzas armadas, Sangolquí.
- [2] Duran, I. (2007). Ingeniero Mecánico. *Proceso para la elaboración de moldes*. Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- [3] Taipe Yugcha, L. J. (s.f.). Maestría en Diseño Mecánico. *Análisis del proceso de construcción del molde para la cubierta de guardachoque mediante la técnica de herramienta rápida moldeo por resina*. Universidad internacional Sek, Quito.
- [4] Anchatuña León, J. G. & Loachamín Navarrete, V. H. (2015). Magister en diseño, producción y automatización. *Construcción de un prototipo de cubre*

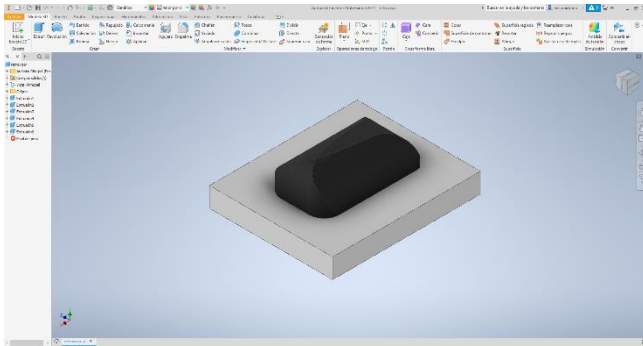
neumático mediante moldeo ligero por transferencia de resina de compuestos. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

- [5] CIFP de Aprendizajes Virtuales y Digitalizados. (2020). *Selección de procesos y moldes para transformación de polímeros.* Obtenido de https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/DMPP/DMPP01/es_DFM_DMPP01_Contenidos/website_34_nugulos_de_desmoldeo.html#
- [6] S, A. S. (2020). *Análisis de ángulo de salida.* Obtenido de Conozca como evitar el atasco en la paredes de su molde por medio del análisis del ángulo de salida: <https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyess/solidworks-blog/solidworks/conozca-como-evitar-el-ataasco-en-las-paredes-de-su-molde-por-medio-del-analisis-de-angulos-de-salida/>
- [7] CIFP de Aprendizajes Virtuales y Digitalizados. (2020). *Selección de moldes y modelos de fundición.* Obtenido de https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/DMMF/DMMF01/es_DFM_DMMF01_Contenidos/website_131_linea_de_particin.html
- [8] Full Mecánica. (2014). *Moldes para fabricar piezas de fibra de vidrio generalidades.* Obtenido de Construcción de moldes en fibra de vidrio: <https://www.fullmecanica.com/definiciones/t/1650-tfv-la-construccion-de-moldes-generalidades>
- [9] Gutiérrez Cabanes, M. (2013). Ingeniería Industrial. Diseño y fabricación de un molde para el estudio de la influencia de la geometría de los sistemas de distribución en el atrapamiento de aire en procesos de fundición por inyección a alta presión. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.
- [10] Busto Rodríguez, M. (2008). Ingeniería Química. Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero. Universidad De Cádiz, Andalucía.
- [11] Chinchilima Duchi, P. C. & Rodríguez Sánchez, H. I. (2019). Ingeniero Automotriz. *Rediseño del chasis y la carrocería de un prototipo para la competencia eco Shell Marathon.* Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba.
- [12] Besednjak, A. (2011). Moldeo por contacto laminación manual.
- [13] Mariano. (2011). *Moldeo manual de materiales compuestos.* Obtenido de Tecnología de los Plásticos: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/11/moldeo-manual-de-materiales-compuestos.html>
- [14] Alvarado, B. J. (2018). Estudio para el modelado e impresión 3D de autopartes. *Proyecto de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Mecánica.* Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil, Guayas, Ecuador.

6. ANEXOS

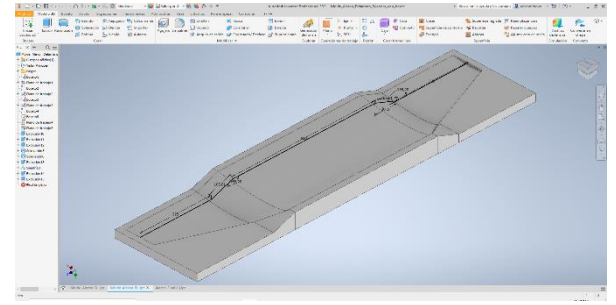
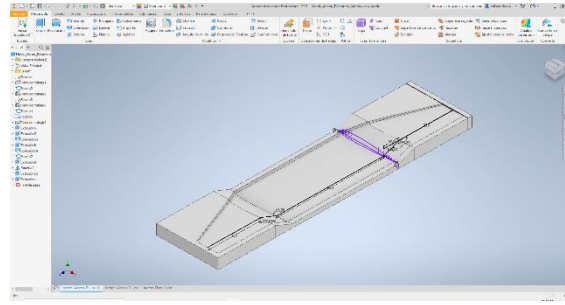
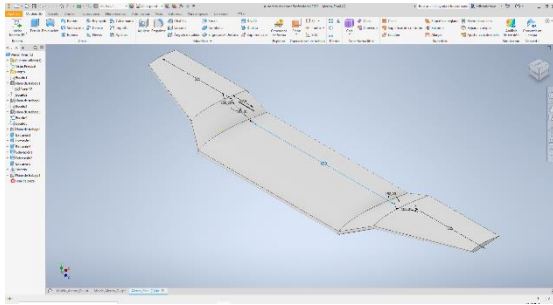
Anexo 1

Retrovisor.



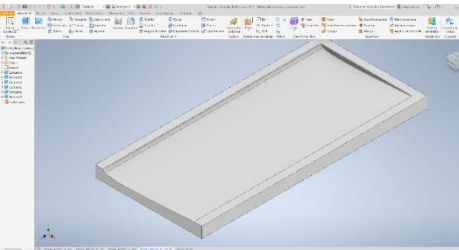
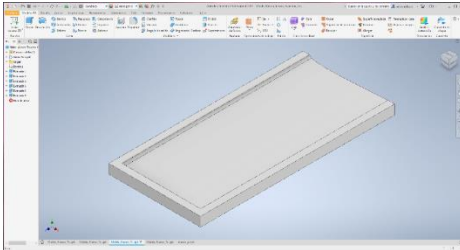
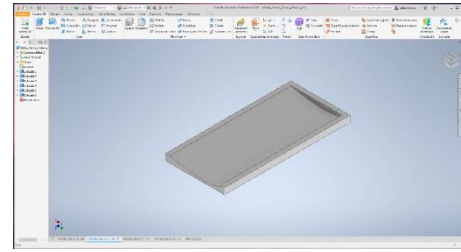
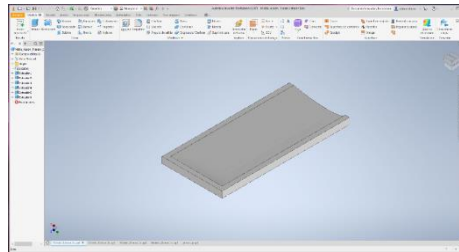
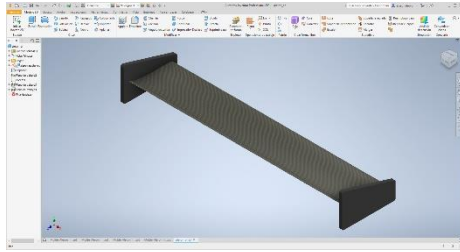
Anexo 2

Alerón delantero.



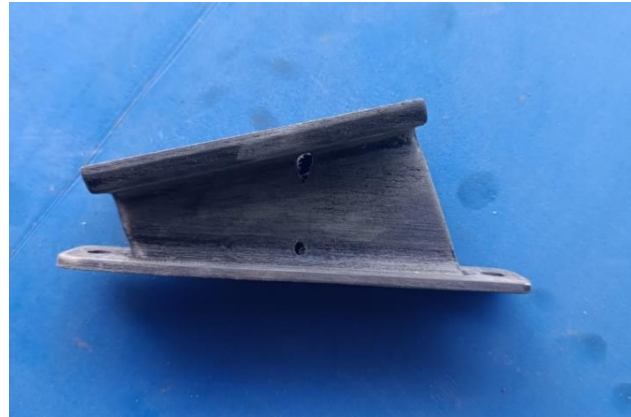
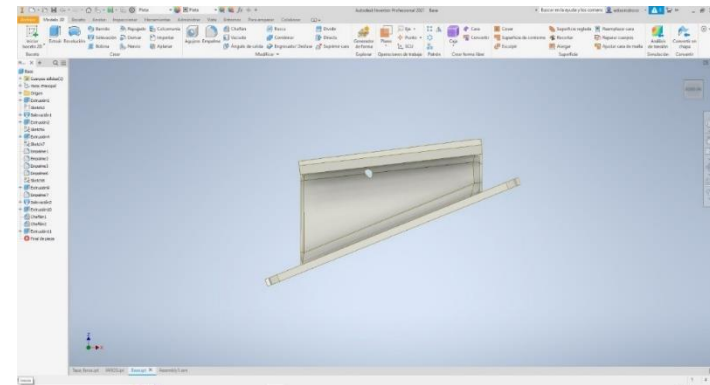
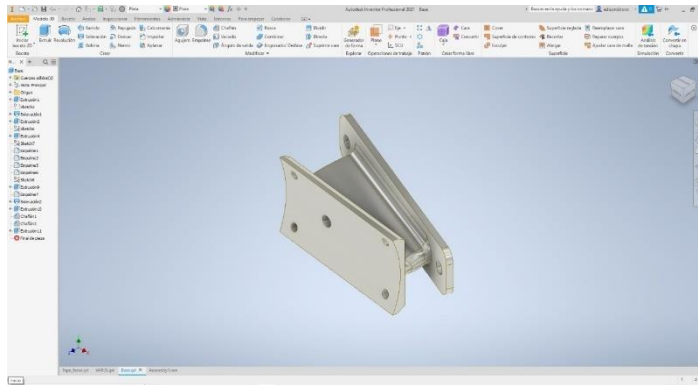
Anexo 3

Alerón posterior.



Anexo 4

Soportes faros delanteros.



Anexo 5

Código alfanumérico fase de desbaste y acabado del faro.

https://drive.google.com/drive/folders/1cT4BTYrOqkxq6luZ2iclwx9xJOeGmyhh?usp=share_link