



Artículo de investigación



# Diseño y manufactura de carrocería de vehículo eléctrico con paneles solares para uso urbano

## *Design and manufacture of electric vehicle body with solar panels for urban use*

Abisai Jaime Reséndiz Barrón<sup>1</sup>, Miguel Aarón Ramos Pérez<sup>1</sup>, Alejandro Salas Flores<sup>1</sup>,  
Francisco Javier García Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TecNM-Querétaro: Departamento de Ingeniería Mecánica Av. Tecnológico, esq. M. Escobedo s/n,  
Querétaro, Querétaro, 76000, México

<sup>2</sup>TecNM-Celaya, Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Av. Antonio García Cubas Pte 600 Esq. Av.  
Tecnológico, Celaya, Guanajuato, 38010, México

**Autor de correspondencia:** Abisai Jaime Reséndiz Barrón. Tecnológico Nacional de México, Unidad Querétaro, Dpto. Metal-Mecánica. Correo electrónico [abisai.rb@queretaro.tecnm.mx](mailto:abisai.rb@queretaro.tecnm.mx). ORCID: 0000-0001-8841-6032.

**Recibido:** 3 de Octubre del 2024

**Aceptado:** 13 de Enero del 2025

**Publicado:** 17 de Enero del 2025

**Resumen.** – *La industria automotriz se enfrenta a la urgente necesidad de reducir el impacto ambiental y mitigar el cambio climático. Una alternativa en esta lucha es el uso del Vehículo Eléctrico (VE) urbano, un vehículo compacto de baja velocidad y más económico. Uno de los grandes desafíos es la integración de paneles solares en la carrocería del VE para mejorar su autonomía energética. En este trabajo, se muestra el diseño de la carrocería de un VE ultra compacto, realizado en Solid Works y renderizado con software 3D Blender. Se estima el área irradiada por el sol, con la finalidad de colocar paneles solares flexibles sobre el capó y el toldo del VE, y conocer su contribución a la autonomía energética del VE. Finalmente, se describe el proceso de manufactura de la carrocería tipo monocasco en fibra de vidrio. Los conceptos anteriores, persiguen el objetivo de hacer el VE más rentable y práctico para la movilidad urbana. Los planos obtenidos en solid works proporcionan las medidas y detalles, tanto para el cálculo energético de exposición solar, como para el proceso de fabricación en fibra de vidrio, que comprende desde un modelo en unicel, hasta el prototipo de carrocería de acuerdo al diseño aerodinámico final. En el proceso se destaca la utilización de barro en el modelado del VE, en lugar de utilizar arcilla automotriz, que es mucho más costosa y contaminante que el barro.*

**Palabras clave:** Diseño de carrocería; Fibra de vidrio; Modelado en arcilla; Vehículo eléctrico.

**Abstract.** – *The automotive industry faces the urgent need to reduce environmental impact and mitigate climate change. One alternative in this fight is the use of the urban Electric Vehicle (EV), a compact, low-speed, and more economical vehicle. One of the major challenges is the integration of solar panels into the EV's body to improve its energy autonomy. This work presents the design of an ultra-compact EV body, created in SolidWorks and rendered with 3D Blender software. The area irradiated by the sun is estimated to place flexible solar panels on the hood and roof of the EV and to understand their contribution to the vehicle's energy autonomy. Finally, the manufacturing process of the monocoque fiberglass body is described. The aforementioned concepts aim to make the EV more cost-effective and practical for urban mobility. The plans obtained in SolidWorks provide the measurements and details for both the solar exposure energy calculation and the fiberglass manufacturing process, which includes a model in polystyrene and the body prototype according to the final aerodynamic design. The process highlights the use of clay in modeling the EV instead of automotive clay, which is much more expensive and polluting.*

**Keywords:** Body design; Fiberglass; Clay modeling; Electric vehicle.



## 1. Introducción

En la actualidad, la industria automotriz se enfrenta a uno de los mayores desafíos de su historia: la urgente necesidad de adoptar soluciones innovadoras y eficaces que reduzcan drásticamente el impacto ambiental y contribuyan a la lucha contra el cambio climático [1]. La transición hacia una movilidad urbana más sostenible ha impulsado el desarrollo de Vehículos Eléctricos (VE) innovadores que integran materiales ligeros y tecnologías de generación de energía renovable [2].

La combinación de carrocerías de fibra de vidrio con celdas fotoeléctricas en vehículos eléctricos plantea una solución prometedora para reducir el consumo energético y extender la autonomía en entornos urbanos. La fibra de vidrio ofrece ventajas significativas como su ligereza y resistencia, lo cual contribuye a una mayor eficiencia energética y menor desgaste del vehículo. Sin embargo, la incorporación de celdas fotoeléctricas sobre este material plantea desafíos específicos de diseño y manufactura, como la adhesión, la disposición estratégica de las celdas para maximizar la captación de energía solar y la resistencia a factores ambientales.

Este artículo examina un enfoque integral para el diseño y manufactura de carrocerías en fibra de vidrio con celdas fotoeléctricas, analizando tanto los beneficios energéticos como las consideraciones técnicas necesarias para su implementación en vehículos eléctricos destinados a entornos urbanos. Este tipo de integración plantea importantes retos de diseño y manufactura, ya que la incorporación de celdas fotoeléctricas debe considerar factores como la disposición óptima en la carrocería, la eficiencia en la captación de energía, la adaptación a las condiciones variables del entorno urbano, y un balance entre peso y potencia del vehículo. Aquí, se explora un enfoque integral para el desarrollo de carrocerías de vehículos eléctricos que incluyan celdas fotoeléctricas, analizando los

desafíos técnicos y las innovaciones necesarias para optimizar su rendimiento.

Aquí también se plantea el diseño de la carrocería para un VE para uso urbano, que sea lo más pequeño y compacto posible y con estética aerodinámica moderna, a fin de contribuir en el combate a la contaminación ambiental, vial y reducir el costo del vehículo. Por ello, se dan las siguientes contribuciones para el diseño; el vehículo usará motores de cubo con freno regenerativo integrados a las llantas del chasis, y paneles solares flexibles colocados sobre la superficie de la carrocería.

## 2. Antecedentes

En función al combate a la contaminación ambiental, hay una fuerte competencia entre los llamados vehículos verdes, considerando por un lado la potencia y por otro la eficiencia. El motor del VE alcanza una eficiencia que supera el 90%, mientras que el motor de combustión interna oscila entre un 30 y 75% [3, 4]. En lo que respecta al VE, los esfuerzos en la investigación se concentran en cada parte del vehículo, desde la batería de ion litio hasta la transmisión mecánica de vehículo, en [5] se puede encontrar una relación bibliográfica de los esfuerzos que se han realizado sobre la batería de ion litio, es por ello, que en los últimos años, este mineral ha resultado ser muy importante en el mundo, en [6] puede observarse los yacimientos de litio, en México y el mundo.

Como es sabido, la batería requiere de un medio generador que abastezca su energía para ser usada en los VE, ésta por lo general, depende de la red eléctrica urbana. El crecimiento de las estaciones de carga en México tuvo una desaceleración en los últimos 3 años hasta el año 2020 donde se reportaba en [7], una cifra de 2220 estaciones de carga denominadas electrolíneas, en [8] se puede ver un mapa satelital para localizar las estaciones de carga en diferentes partes del mundo. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) mexicana en su Programa de



Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PASE) muestra las electrolinerías más comunes en el País, y estadísticas de algunos beneficios del uso de VE [9].

A partir de un estudio de baterías de ion- litio o de LiFeP04 en [10] se contemplan aspectos energéticos para VE's, como clasificación de motores eléctricos y transmisión de potencia, mientras que en [11] puede observarse como un análisis Computational Fluid Dynamics (CFD) de aerodinámica de la carrocería contribuye notablemente en la eficiencia energética del vehículo, más cuando se trata de VE de alta velocidad y competencia [12].

Durante la evolución del VE, se observan ciertos esfuerzos por obtener la autonomía mediante diferentes fuentes de propulsión [13], ya no es novedad el ver vehículos impulsados con paneles solares, en la red apareció una furgoneta Volkswagen (VW) 1966 con paneles solares rígidos, colocados sobre la carrocería [14], uno de los pioneros en la tecnología de paneles solares integrados a la carrocería es el Toyota Prius [15], a partir de esto varias empresas automotrices han copiado el modelo, pero todas ellas solo presentan esta tecnología como complemento a la autonomía energética del VE. En este contexto la energía de los paneles solares para el uso automotriz, en México es muy poco explotada, apenas en el 2011 la CFE instaló su primera granja solar para abastecer 80 comunidades [16].

La generación de energía eléctrica fotovoltaica representa una de las alternativas para complementar la carga energética de las baterías de ion-litio de los VE. México tiene los elementos esenciales para administrar una grande fuente de energía sustentable, en la combinación del litio como principal componente de las baterías que administran la energía y la irradiación solar como fuente proveedora de energía. La energía fotovoltaica obtenida por los paneles solares sobre la carrocería de los VE, han demostrado no ser suficiente para abastecer los

requerimientos energéticos de los VE, pero si contribuyen notablemente en su autonomía, por lo que sigue siendo importante el complemento energético que suministran las electrolinerías. Las cuales presentan aun, el problema de no contar con un conector estandarizado [9, 17].

De cualquier forma, la energía fotovoltaica, es una buena alternativa para complementar el suministro energético de los VE, ya sea produciéndola en granjas fotovoltaicas como en se reporta en [16], o complementando la producción fotovoltaica con otra fuente, como se hizo en [18] donde se alternó con gas para abastecer a los VE, en una isla de Brasil. No obstante, la tecnología de paneles solares sobre la carrocería de vehículo eléctrico es suficiente para proporcionar autonomía de un vehículo pequeño como se demuestra en [19]. Así mismo, la investigación sobre integración de fuentes energéticas al chasis de VE, también es un tema de vanguardia, puede verse por ejemplo la disposición de las baterías en el chasis o la implementación de freno regenerativo en el Tesla motor's [20].

En cuestión de diseño y manufactura de carrocerías a base de fibra de vidrio, en [21] se presenta técnicas tradicionales de modelado con una combinación de madera poliuretano y masilla automotiva, para la fabricación de una carrocería en fibra de vidrio de un vehículo de competencia, mientras que en [22] se muestra otra forma de modelado de carrocería en arcilla sobre base de poliuretano.

La fibra de vidrio es un material conocido por su alta resistencia, ligereza y sostenibilidad, una opción ideal para la fabricación de estructuras automotrices, cuando se requiere de poco peso, sin sacrificar la resistencia. Por otro lado, los paneles solares tienen la asombrosa capacidad de transformar la energía solar en electricidad, sin generar emisiones contaminantes ni depender de combustibles fósiles. La sinergia entre estos dos materiales promete traer importantes beneficios al sector automotriz.



Al utilizar fibra de vidrio en la carrocería se reduciría significativamente el peso del vehículo y al incorporar los paneles solares en puntos estratégicos de la carrocería, se aprovecha más la generación de energía limpia y renovable a partir de la luz solar, con la opción de alimentar directamente a los motores eléctricos o almacenar la energía eléctrica en las baterías de ion litio. Finalmente, el considerar el tamaño pequeño del vehículo para uso urbano, de baja velocidad resultan relativamente económicos, e.g., flybo 6000ZX, o mahindra [23], los cuales brindan un poco más de beneficios, seguridad y potencia, pero siguen manteniendo una estética cuadrada del que es poco aerodinámica, a diferencia de la estética deportiva y aerodinámica que mantienen los vehículos de modelos descapotables, que pueden verse en [24].

### 3. Materiales y métodos

Se plantean diagramas de flujo, para lograr el objetivo de diseñar y construir una carrocería en fibra de vidrio, y colocar paneles solares que contribuyan a la autonomía energética del VE urbano, se plantean diagramas de flujo respectivamente en Figuras 1 y 2, respectivamente.

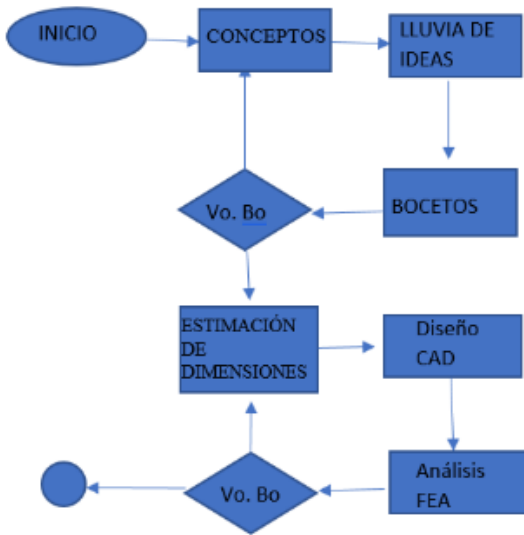


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de diseño.

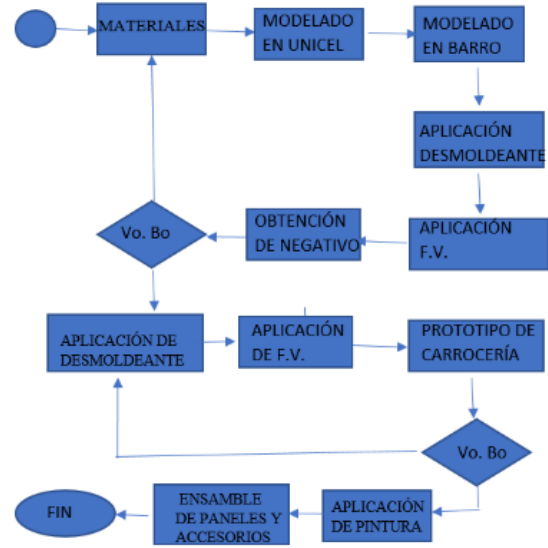


Figura 2. Proceso de fabricación de carrocería.

Entonces, primeramente, se realizará un análisis exhaustivo de los requisitos de diseño, incluyendo aspectos como la aerodinámica, seguridad, confort y eficiencia energética. Como parte del diseño innovador, se propone que el automóvil tenga dimensiones menores a las habituales, lo que permitirá mayor ligereza de carrocería y chasis, esto se traduce en mayor potencia de los motores eléctricos para la movilidad, transporte y estacionamiento en ciudades altamente congestionada.

#### 3.1 Clasificación de Carrocerías y Lluvia de Ideas

Se realiza una investigación sobre la clasificación de carrocerías para plantear los requerimientos del diseño del VE. En Figura 3 de [25] se ve la concepción de vehículo compacto urbano, en función al volumen que transporta, la cual se complementa con la clasificación obtenida de [25, 26], para vehículos de transporte de pequeños volúmenes, en función al modelo, estos se presentan en la Tabla 1.

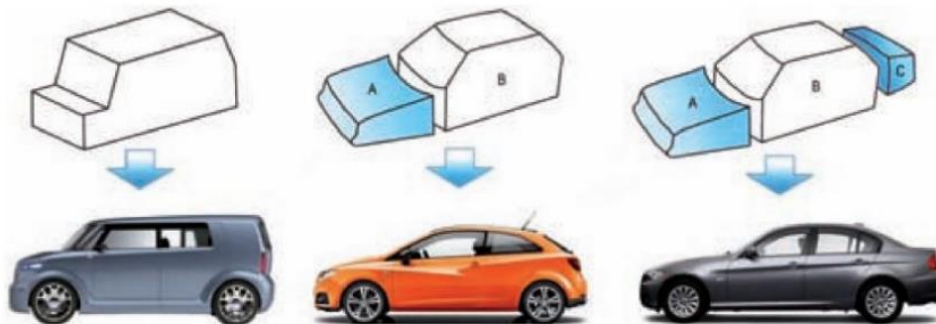


Figura 3. Clasificación de carrocería: monovolumen, dos volúmenes y tres volúmenes [25].

Tabla 1. Clasificación de carrocerías según [25, 26].

Ref.	Código	Modelo	Definición
2.1.	AA	Berlina	Vehículo definido en el apartado 3.1.1.1 de la norma internacional ISO 3833:1977, provisto de al menos cuatro ventanillas laterales.
2.2.	AB	Berlina con portón trasero	Berlina, tal como se define en el punto 2.1, con un portón en su parte trasera
2.3.	AC	Familiar	Vehículo definido en el apartado 3.1.1.4 de la norma internacional ISO 3833:1977.
2.4.	AD	Cupé	Vehículo definido en el apartado 3.1.1.5 de la norma internacional ISO 3833:1977.
2.5.	AE	Descapotable	Vehículo definido en el apartado 3.1.1.6 de la norma internacional ISO 3833:1977. No obstante, un descapotable puede no tener puerta.
2.6.	AF	Multiuso o pick up	Vehículo distinto de los vehículos AA a AE y AG destinado al transporte de personas y su equipaje, u ocasionalmente mercancías, en un compartimento único.
2.7.	AG	Camioneta Familiar	Vehículo definido en el apartado 3.1.1.4.1 de la norma internacional ISO 3833:1977. No obstante, el compartimento para el equipaje deberá estar completamente separado del compartimento para personas. Además, el punto de referencia de la plaza de asiento del conductor no tiene que estar 750 mm por encima de la superficie en la que se apoya el vehículo.
[25]		Pick up	Vehículo con cabina y caja para transporte de mercancías
[25]		Todo terreno	Vehículo con doble tracción para caminos de difícil acceso
[25]		Sport	Vehículo de competencia
[25]		Turismo urbano	Vehículo compacto de dimensiones pequeñas

Con la lluvia de ideas y considerando un diseño minimalista, y las normas internacionales para VE, como las que se consideraron para el vehículo utilitario en [27], pero en particular la norma NOM-068 para condiciones físico mecánicas y de seguridad [28], que aplicaría en conjunto con el diseño del chasis. Para la carrocería se hizo especial observación en la norma internacional descrita en [26], para la clasificación de carrocerías, entre otras normas. Se le dio mayor importancia a aspectos como la

economía mexicana, y necesidades de movilidad urbana práctica, por lo que se decidió por una combinación entre el modelo descapotable y turismo urbano [25, 26], luego se consideró la norma para medidas del cuerpo humano, ver [29]. La estatura del humano adulto, promedio en Países latinoamericanos es de 1.70 m, entonces las dimensiones del cuerpo humano  $CH$  se pueden calcular multiplicando las proporciones dadas en la Figura 4, esto es  $H_{is}$  por 1.70. Estos





resultados están expresados en la Tabla 2, y serán utilizados para determinar las medidas del VE.

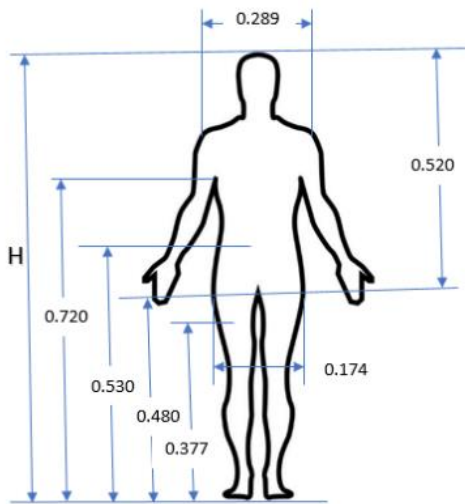


Figura 4. Proporciones del cuerpo humano [29].

De la Tabla 2, las personas que ocupan la parte delantera, conductor y copiloto, deben ir sentados con los pies estirados ocupando un total de 1.07 m de largo y un máximo de espacio de 88 cm de ancho, el resto del espacio puede ocuparse como maletero.

Entonces, el vehículo minimalista queda acotado en un perímetro rectangular de 1 m de ancho por 2 m de largo, cuidando proporciones y medidas, con el fin de cumplir las necesidades anteriormente mencionadas.

Tabla 2. Consideraciones de cuerpo humano para determinar acotaciones del VE.

Cuerpo	Posición	Ocupación VE	Largo $H_{is} * 1.70$	Ancho $H_{is} * 1.70$
Piernas	Estiradas	Delante	$.485 * 1.7 = 0.82$	$.174 * 1.7 = 0.295$
Cadera	Sentado	Medio	$.145 * 1.7 = 0.25$	0.295
Hombros	Manejo	Medio		$.259 * 1.7 = 0.44$
Muslos	Volante	Medio	$.377 * 1.7 = 0.64$	
Total	Manejo		107 cm	88 cm

Además, una altura de monocasco de 55 cm, se decide en función a la proporción en la Figura 4, debajo del brazo es de 0.710 y la proporción desde la cadera hasta la cabeza es de 0.520, Así, la altura  $h$  del monocasco se calcula con la fórmula:

$$h = H_{is1} * 170 + H_a + H_b \quad (1)$$

donde  $H_{is1}$  es la proporción del cuerpo humano,  $H_a$  es la altura de asiento tiene un valor de 10 cm y  $H_b$  corresponde a la altura de la batería y su valor es de 15 cm

$$h = 55 \text{ cm} \quad (2)$$

Tomando en cuenta que la altura e inclinación del parabrisas  $h_2$  tiene un valor de 50 cm para el diseño del capó, calculada con la ecuación (3):

$$h_2 = H_{is2} * 170 + H_o \quad (3)$$

donde:  $H_{is2}$  es la proporción del cuerpo humano, debajo de los hombros hasta la cabeza,  $H_o$  es la holgura entre capó y cabeza con un valor de 2.4 cm.

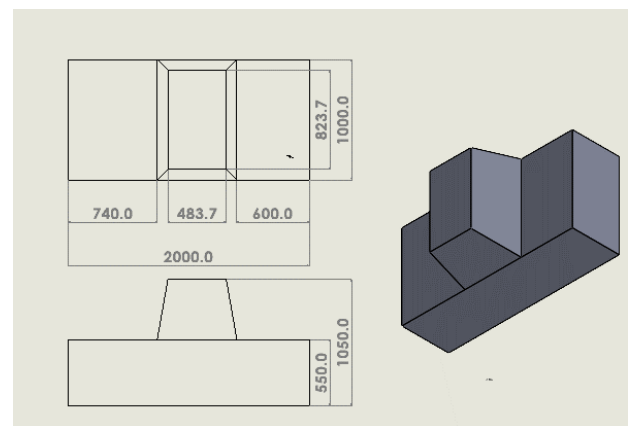


Figura 5. Boceto de restricción para diseño de carrocería de VE, en mm.

De la Figura 5, el cuadro de abajo tiene una superficie de 1 m por 2 m, luego arriba debe tapan los pies hasta el muslo, se dejan 10 cm de holgura para el estiramiento del pedal, entonces la parte de volumen A (ver Figura 3) debe cubrirse los



pies por delante una distancia de 64 cm (Ver Tabla 2), entonces  $l_1 = 74$  cm. Luego se deja la distancia  $l_2$  descubierta para introducirse en el monocasco, que se calcula como sigue

$$l_2 = H_{is3} * 170 + W_1 + A_2 * 170$$

donde  $H_{is3}$  es la proporción del cuerpo humano desde muslo hasta cadera,  $W_1$  es la distancia de respaldo de asiento, considerando 10 cm,  $A_2$  es la proporción de cadera de un posible 3er pasajero o maletero.

En consecuencia, la longitud restante de maletero es

$l_3$  es de 60 cm

Se evalúan y comparan los conceptos generados, tomando en cuenta los objetivos, especificaciones y restricciones del proyecto, con la opción de poder hacer más amplio el espacio  $l_2$  sacrificando  $l_3$ , además se puede restringir la altura de la parte de enfrente hasta un mínimo de 28 cm, que sería como el calzado estándar, esto concluiría a un descapotable de 2 volúmenes ver Figura 3.

### 3.2 Diseño de Carrocería

Bajo la lluvia de ideas se plantean bocetos aerodinámicos y de fácil manufactura. Se selecciona el concepto más prometedor, se toma la información de los cálculos anteriores, acotando la carrocería del vehículo a un cubo de 2 m por 1 m por 1m, una distancia entre ejes de 1.20 m, bajo una distribución uniforme, para ser desarrollado en software Blender 3D [30]. Se inicia creando una malla base con las formas y volúmenes principales, y luego se detalla y refina el modelo, extruyendo, manipulando y ajustando los vértices y caras para dar forma a la carrocería, utilizando las herramientas y técnicas disponibles en software de CAD, se optimiza la forma de la carrocería.

Se buscan reducir las áreas frontales, minimizar las protuberancias y asegurar que la carrocería tenga transiciones suaves y fluidez en sus curvas para facilitar la circulación de aire alrededor del automóvil, cuidando de no pronunciar mucho las curvas en el cofre y el toldo, ya que son los sitios donde se instalarán los paneles solares que contribuyen a la autonomía del vehículo eléctrico [8].

El análisis aerodinámico se reduce a considerar un vehículo de baja velocidad y cuidar las líneas suaves y aerodinámicas en el diseño de CAD. Finalmente se utilizan técnicas de iluminación y renderización en Blender 3D para obtener imágenes fotorrealistas.



Figura 6. Diseño final de carrocería con capó para adherir paneles solares.

A partir del diseño en CAD Figura 6, se obtienen los planos que se usarán en el proceso de manufactura de la carrocería Figura 7.

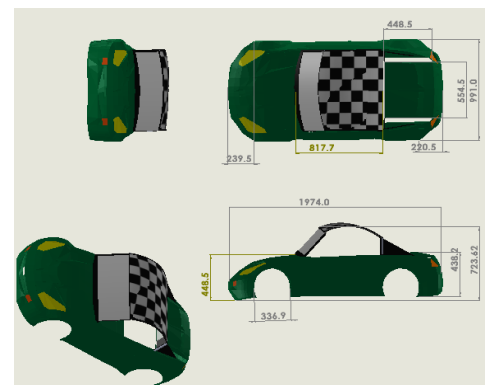


Figura 7. Planos del diseño e isométrico con dimensiones en mm.



### 3.3. Manufactura de Carrocería

De acuerdo al proceso especificado en el diagrama de flujo de Figura 2, y con la experiencia que se tuvo de un primer prototipo donde se hizo el negativo de una sola pieza, dificultándose mucho el desmoldeo, se decidió fabricar el negativo en partes para lo cual se hizo lo siguiente:

Con un bloque de unicel, de 1 m por 1 m de base y 0.5 m de altura, se identifican los puntos clave como diámetro de la llanta 0.4 m, distancia desde el frente 0.2 m, distancia al parabrisas desde el frente esto es 0.6 m, y distancia a la mitad de lo largo 1m. Luego con varillas delgada de madera que se cortan en las marcas de dimensiones tomadas del modelo de CAD, se van clavando las varillas en el bloque de unicel, sobre las coordenadas respectivas, después se corta el bloque de unicel, tratando de coincidir con los extremos de las varillas. Finalmente, con una lija gruesa se da un acabado suave hasta tocar los extremos de las varillas.

El siguiente paso es la colocación del barro, el cual debe tener una consistencia de aproximadamente un 35% de humedad, de tal forma que pueda ser untado con espátula sin que se derrame. Se deja secar un poco de forma que pueda ser modelable con espátulas. Hay que cuidar que durante el tiempo de modelado la capa de barro no se reseque demasiado, ya que puede presentar agrietamiento, lo cual no es bueno para el acabado, si se requiere más tiempo en el modelado, hay que rosear agua sobre la superficie y o tapar con plástico. El proceso completo debe hacerse en el mismo día de preferencia, esta fue una de las causas para optarse por hacer el negativo en tres partes, como se observa en Figura 8. El barro es un material muy práctico y muy económico, comparado con las arcillas automotivas que se usan para el modelaje automotivo, o las pastas automotivas que se usan para resanar detalles, no obstante, el barro tiene el problema de que se agrieta si se deja secar completamente.



**Figura 8.** Modelo de barro sobre base de unicel.

Una vez terminado el modelo con estos materiales, se procede a preparar el negativo, con el proceso de aplicación de fibra de vidrio [31], que consiste en lo siguiente: Se debe asegurarse de colocar con brocha varias capas de desmoldeante y cera. Después de que se seca la cera, se procede a aplicar una capa de gel-coat sobre toda la superficie, enseguida deberá colocarse la fibra de vidrio sobre la capa de gel-coat, y sobre esta capa de fibra, una capa de resina catalizada, esto es, en un recipiente se coloca una cantidad como para una capa de resina, y adicionarle catalizador en proporción 3 % del volumen de la resina, checar que la fibra de vidrio quede bien humedecida con esta resina, que no queden bolsas de aire. Después de uno minutos, repetir el proceso con otra capa de fibra de vidrio y resina catalizada, y finalizar con una tercera capa de fibra de vidrio trenzada y más resina catalizada, como se observa en Figura 9, esta última capa da más resistencia al producto final.

El siguiente paso es el desmoldeo, que se hace unas horas después de que se colocó la última capa de resina, se logra un desmoldeo fácil, parte del barro se puede retirar fácilmente con agua del negativo. Reduciendo tiempo, costos y material en el proceso, y sin sacrificar el modelo de unicel. Las imperfecciones del negativo, en caso de resultar, se detallan con pasta automotriz y después se retoca el negativo con una película de Gel-coat, para finalmente obtener un acabado fino brillante. Este proceso se repite para cada





una de las tres partes del negativo, las cuales después se unen para el prototipo final de carrocería.



**Figura 9.** Aplicación de fibra de vidrio y resina para obtener parte del negativo.

### 3.4 Cálculo de superficie de exposición para paneles solares.

Se consideró para este diseño colocar paneles solares flexibles en el toldo denominado “capó”, y en la parte delantera, denominado “cofre”. El área de exposición en el capó es aproximadamente de 70 cm por 100 cm de largo, y en el cofre el área aprovechable es de aproximadamente 80 cm por 90 cm. En total hacen un área de exposición aproximada de 1.40 m<sup>2</sup> donde se pueden colocar celdas fotovoltaicas embebidas en la carrocería de fibra de vidrio y mantener la estética del diseño.

En la práctica, se pueden conseguir paneles solares flexibles comerciales, de medidas 97 cm por 53 cm, esto permitiría colocar dos en el capó y una en el cofre, estos paneles solares harían un total de área de 1.54 m<sup>2</sup>.

En [16, 32, 33], se menciona que 2 m<sup>2</sup> producen un promedio de 400 Wp. En [32] se reporta que se tiene una irradiación promedio de 12 horas al día, y aseguran haber obtenido una irradiación media anual de 5 kWh/m<sup>2</sup> por día, esta eficiencia corresponde a un poco más del doble de la mención anterior. Los paneles solares flexibles de Figura 13, prometen una eficiencia de 1000

W/m<sup>2</sup>, la cual es equivalente a la obtenida en [32]. Entonces, en promedio, ya sea con paneles solares de poca eficiencia o días de poca la irradiación solar, con el área de 1.4 m<sup>2</sup> se puede alcanzar un promedio de energía  $E$  de 280 Wp, equivalente a 3.36 kWh por día.

Considerando dos motores de potencia  $P = 350$  W cada uno, la exposición solar de un día en los paneles, alcanzaría para alimentar una batería de litio y dar una autonomía al VE  $A_u$ , de 4.8 hr., de acuerdo a ecuación 4.

$$A_u = \frac{E}{2 * P} \quad (4)$$

Estos motores eléctricos alcanzan velocidades “V” entre 45 y 60 km/h. por lo que, funcionando a potencia máxima, el VE tendría una autonomía en distancia  $D$ , máxima recorrida  $D$ , de 288 km, de acuerdo a la ecuación 5.

$$D = A_u * V \quad (5)$$

## 4. Resultados

### 4.1 Resultados de Diseño

El diseño final de la carrocería obtenido en Solid Works y después renderizado con Blender 3D, se presenta en la Figura 6, y a partir de este diseño se despliegan los planos de fabricación en 2D y sus figura en isométrico para observar la disposición de los paneles solares en el toldo. En Figura 10, se muestra el mismo diseño de la carrocería con todos sus accesorios, luces delanteras y traseras, parabrisas, ventanas, toldo, y cristales, este diseño de dimensiones pequeñas se montó sobre un chasis, previamente diseñado con las mismas restricciones de Figura 5. Obteniendo como resultado final el diseño de un vehículo eléctrico con motores de cubo colocados en las llantas traseras, realizado con software Solid Works y renderizado con Blender 3D.



**Figura 10.** Vista frontal y posterior del modelo final.

#### 4.2 Resultados de Manufactura

La manufactura de una carrocería con base en un proceso de fibra de vidrio como en Figura 9. Obteniendo un primer prototipo mostrado en Figura 11, como experiencia metodológica para aplicar en un segundo prototipo del cual se ha obtenido el negativo representado en la Figura 12. Este diseño está hecho en tres partes para hacer más fácil de desmoldeo, y así obtener el segundo prototipo de una pieza, sin perder el negativo.



**Figura 11.** Primer prototipo de carrocería en fibra de vidrio.



**Figura 12.** Negativo para segundo prototipo de carrocería.

La carrocería de la Figura 11, corresponde al VE de la Figura 13. El negativo de la Figura 12, corresponde al diseño de carrocería de la Figura 6, para un vehículo eléctrico como el diseño de Figura 10, donde se colocarán tres paneles solares, dos en el toldo y uno en el cofre, de forma análoga a como se presenta en Figura 13.

#### 4.2 Resultados de Autonomía Energética

El cálculo de autonomía energética con base en paneles solares que alimentan la batería de litio de 36 V, para los motores de cubo de 350 W, arrojaron cuánta energía pueden proporcionar, durante un día promedio.

En la Figura 13 se muestran los tres paneles solares, flexibles y comerciales, dos en el toldo y uno en el cofre, los cuales, en su especificación, prometen una eficiencia de 500 Wp por cada panel solar, esta eficiencia coincide con los reportes de [32]. No obstante, como un factor de



seguridad ya sea por mala eficiencia de los paneles solares o días nublados, se hizo el cálculo con una eficiencia del 50%, obteniendo como resultado una autonomía por día de 288 km, un resultado sorprendente para un VE urbano, considerando que la vida promedio de un automóvil es de 20 000 km por año, o sea unos 55Km por día

De forma análoga, el diseño y la manufactura del VE de Figura 10, contemplan suficiente dimensión para colocar un panel solar flexibles comerciales en el cofre y dos paneles solares en el toldo, dando un área de exposición solar de 1.54 m<sup>2</sup>, superior al cálculo de 1.44 m<sup>2</sup> para paneles solares fijos, que bajo las condiciones anteriores prometen una autonomía de 288 km, en promedio diarios.



**Figura 13.** Primer prototipo de carrocería con paneles solares en toldo y capó.

#### 4.2 Resultados de Costos de Material

Con la experiencia del primer prototipo mostrado en Figura 13, se puede expresar los costos para la carrocería del segundo prototipo. En la Tabla 3 se observan los costos estimados para la fabricación del negativo de fibra de vidrio del prototipo mostrado en Figura 12, esto permite estimar el

costo para la manufactura de la carrocería Figura 6; y los costos promedio de algunos accesorios comerciales, como motores de cubo, controladores baterías y paneles solares. No están considerados los costos experimentales del primer prototipo, de chasis, ni de mano de obra.

**Tabla 3.** Costo de materiales y accesorios

Descripción	Costo
Molde (Unicel y barro)	\$ 2400
Negativo (Desmoldeantes, fibra de vidrio y resinas)	\$ 3420
Prototipo carrocería	\$ 3420
Consumibles (Brochas, guantes, lijas, espátulas)	\$ 1000
<i>Total:Prototipo carrocería</i>	\$10240
2 kit de motores de cubo de 36 V de 350W c/u	\$ 5000
2 kit de paneles solares de alta eficiencia (4 pzas)	\$13 460
Pak de batería de litio 36 V	\$ 1300
Accesorios (Focos led, cables bocina, ect)	\$ 1000
<i>Total:Accesorios eléctricos</i>	\$ 20720

### 5. Discusión

En las vistas de la Figura 10 y 13, se pueden observar los motores de cubo de 350 W cada uno, integradas a las llantas traseras del vehículo, que van sujetas al chasis. La carrocería fue montada sobre este chasis, el cual fue diseñado al mismo tiempo con el diseño y las especificaciones de la carrocería. Los paneles solares se colocan sobre la parte superior de la carrocería, sobre el cofre y el toldo. Las baterías, el regulador de voltaje y el controlador se colocan debajo de los asientos. Los paneles solares adecuados son de tipo comercial y flexibles, permiten acoplarse fácilmente a los contornos del vehículo.

El método de modelaje con barro, resultó ser muy práctico y económico de acuerdo con otros métodos mencionados en [12] [21], [22], [25] etc. El negativo del primer prototipo se hizo con un diseño previo, el negativo no se recuperó, debido a que tuvo que ser destruido para rescatar el prototipo. Aun no se fabrica el segundo



prototipo, pero se espera que se pueda conservar el negativo, ya que se fabricó en 3 partes como se muestra en la Figura 12, esto permitirá recuperar prototipo y negativo.

El resultado teórico obtenido en (5) para los paneles solares es asombroso, fueron cálculos ideales, pero se espera obtener resultados por lo menos por la mitad de (5), que aun sería bastante buenos, considerando que la vida anual promedio de un vehículo es de 20,000 km por año, unos 55 km por día.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se logró el diseño completo en 3D Blender de una carrocería para VE, considerando dimensiones adecuadas para obtener un vehículo ultra compacto para comodidad de un pasajero y con capacidad máxima de dos pasajeros, observando normas de capacidad, seguridad, vialidad y diseño de vehículos con base a las referencias citadas.

Se calculó de forma teórica e ideal, pero con un margen alto de factor de seguridad, que la colocación de dos paneles solares flexibles en el toldo y otro en el cofre, para su funcionamiento óptimo en ciudades densamente congestionadas, resultan una buena autonomía energética, de 288 km por día, la cual corresponde a un uso muy superior al de 20 000 Km anuales que es la vida media de un vehículo.

También, se logró establecer una metodología de manufactura de carrocería monocasco, con modelado en unicel y barro para obtener módulos de moldes tipo negativo en fibra de vidrio y después obtener la carrocería completa en fibra de vidrio. Con base a la experiencia obtenida en [11], se puede concluir que el resultado aerodinámico obtenido en la Figura 6, es bastante aceptable, aun cuando no se hizo el análisis FEA del proceso de Figura 1.

El trabajo fue realizado a la par con un trabajo de diseño de chasis, necesario para su integración en

un VE. Ambos trabajos se derivan del Proyecto “Integración de energía mecánica y solar en baterías de litio para la contribución en la autonomía de un vehículo eléctrico”, financiado por TECM. El modelo de carrocería en fibra de vidrio y su negativo permitirán su reproducción en masa para VE’s austeros.

## 7. Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado al proyecto 19309.24-P.

## 8. Reconocimiento de autoría

*Abisai Jaime Reséndiz Barrón*: Conceptualización; Recursos; Ideas; Metodología; Análisis formal; Investigación; Análisis de datos; Escritura. *Miguel Aarón Ramos Pérez*: Manufactura; Cálculos; Pruebas. *Francisco Javier García Rodríguez*: Análisis formal; Investigación; Análisis de datos; Escritura; Revisión. *Alejandro Salas Flores*: Ideas; Figuras; Metodología; Análisis formal; Investigación; Análisis de datos, Manufactura.

## Referencias

- [1] Intergovernmental Panel On Climate Change, «Task force on national greenhouse gas inventories – Guidelines, Vol. 2. Energy.», 2006. [En línea]. Available: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_C](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_C). [Último acceso: 20 julio 2024].
- [2] J. C. Sandoval- Márquez, Análisis Técnico, ambiental y económico, de la implementación de paneles solares para la alimentación energética de vehículos sedan, México: UNAM Tesis de Magister, 2020.
- [3] D. Garcia-Artes, «Los límites de la eficiencia térmica en motores gasolina y diésel,» [En línea]. [Último acceso: Nov 2024].
- [4] G. D. Palacios-López, Análisis de eficiencia de un motor de combustión interna utilizado para el funcionamiento de una planta eléctrica de potencia de 1 Mw, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007.





- [5] A. J. Resendiz y A. Arellano-Meza, «Estudio bibliográfica sobre baterías de ion litio, para vehículos eléctricos,» *Pistas Educativas*, vol. 143, pp. 794-813, Jul 2022..
- [6] CFE, «Una guerra silenciosa,» *Alternativa de CFE*, vol. 1, pp. 16-21, 2022.
- [7] Statista, «Número de estaciones de carga para vehículos eléctricos en México de 2015 a 2020,» Statista, Sep 2024. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/1186114/estaciones-de-carga-vehiculos-electricos-mexico/#:~:text=En%202020%2C%20el%20n%C3%BAmero%20de,nuevas%20electrolineras%20en%20el%20pa%C3%ADs.>
- [8] Plugshare, «Plugshare satelital,» Plugshare, 2024. [En línea]. Available: <https://www.plugshare.com/map/m%C3%A9xico>.
- [9] CFE, «Servicios paese,» CFE, Sep 2019. [En línea]. Available: <https://www.cfe.mx/paese/serviciospaese/Pages/electrolineras.aspx>.
- [10] A. J. Reséndiz, A. Flores-Salas y A. Bautista-Martínez, «Aspectos de la optimización de motores para vehículos eléctricos,» *Avacient*, vol. 13, pp. 13-27, 2022.
- [11] A. H. Jiménez y A. J. Reséndiz, «Diseño Aerodinámico de un Auto é FEX Electrón.,» San Miguel de Allende, 2004.
- [12] J. F. Pauta-Saloano y M. L. Sanchez-Ramírez, Diseño y cálculo de de carrocería de un vehiculo de competencia tipo fórmula SAE, Cuenca: Tesis Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [13] G. Iglesias, Análisis del ciclo de vida de automóviles con diferente sistema de propulsión, Madrid: Universidad Pontificia Comillas, Tesis, 2017.
- [14] D. Theobald, «Furgoneta VW,» 11 Ago 2023. [En línea]. Available: <https://ecoinventos.com/una-furgoneta-volkswagen-de-1966-impulsada-por-energia-solar/>.
- [15] A. Martinelli, «Toyota con paneles solares,» Xacata.com, Jul 2019. [En línea]. Available: <https://www.xacata.com/automovil/toyota-probar-este-mes-nuevo-prius-phv-paneles-solares-cinco-veces-potente-capaz-recargar-baterias-marcha>.
- [16] P. Tavares, «Que son los paneles solares,» *Alternativa de CFE*, vol. 1, pp. 6-7, 2022.
- [17] L. G. Sánchez-Vela, M. J. Fabela-Gallegos, J. R. Hernández-Jiménez, O. Flores-Centeno, D. Vázquez-Vega y M. E. Cruz-Acevedo, «Estado del arte de la movilidad eléctrica en Mexico,» IMT, Querétaro, 2020.
- [18] R. Pereira-Micena, P. Llerena, R. Omar, W. Queiróz-Lamas y J. L. Silveira, «Estudio técnico del uso de energía solar y biogás en vehículos eléctricos en ilhabela-Brasil,» *Ingenius*, vol. 20, pp. 58-75, 2018.
- [19] E. P. Carreño-Aguillon, E. A. Vacca-Melo y I. Lugo-Ariza, «Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar,» *SCIELA, Tecnura*, vol. 16, n° 32, 2012.
- [20] Auto Avance, «Blog tecnico automotriz,» Tesla, 8 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/tesla-funcionamiento/>. [Último acceso: agosto 2024].
- [21] J. Reyes-Ortiz, Diseño industrial y producción de la carrocería del vehículo eléctrico para la escudería dcm en la competencia Fórmula Sena Eco 2013, F. U. L. L. F. d. I. I. Aeronáutica, Ed., Bogota, 2015.
- [22] P. Ibañez, «Así se hacen los modelos de arcilla de los coches,» Motopasión, Dic 2014. [En línea]. Available: [www.motorpasion.com/ford/asi-se-hacen-los-modelos-de-arcilla-de-los-coches](http://www.motorpasion.com/ford/asi-se-hacen-los-modelos-de-arcilla-de-los-coches).
- [23] C. Krishna, «Reva lanzará un coche eléctrico basado en un coche Mahindra,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.drivespark.com/four-wheelers/2011/07-mahindra-reva-new-electric-car.html>.
- [24] A. Brugada, «Estos son los convertibles que se venden en México. , 2023,» AutoDinámico, 2023. [En línea]. Available: <https://autodinamico.mx/entradas/coches-convertibles-que-se-venden-en-mexico/>.
- [25] E. Águeda-Casado, J. L. García-Jiménez, T. Gómez-Morales, J. Gonzalo-Gracia y J. Martín-Navarro, Elementos amovibles, 4ª ed., Ediciones Paraninfo, S.A., 2010.
- [26] Norma ISO 3833, «Clasificación de carrocerías Francia,» [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:3833:ed-2:v1:fr>.
- [27] A. Nava-Arauz, Diseño de vehiculo utilitario todo camino, Querétaro: Universidd Autonoma de Querétaro, 2013.
- [28] Norma oficial Mexicana, Nom 068-SCT, IMPI, Ed., SCT, 2014.
- [29] Norma Internacional, «ISSO 7250,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/?c=065246>.
- [30] D. Millet, A. Tombs, L. Lunes, J. Buller y F. Mul'e, Blender\_3D:\_Noob\_to\_Pro, wikibooks.org, 2020.





- [31] Plastiformas.com.mx, «Boletín Técnico,» Feb 2011. [En línea]. Available: <https://www.plastiformas.com.mx/pdf/31424.pdf>.
- [32] Asociación AMEVEC, «Radiación Solar en México,» AMEVEC, 2022.
- [33] C. L. González-Pinzón, C. Ponce-Corral, R. A. Valenzuela-Nájera y D. Atayde-Campos, «Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico,» *CULCyT*, vol. 50, n° 10, pp. 11-26, 2013.
- [34] C. Córcoles, Manual de introducción a Blender., Mosaic, UOC.
- [35] Ecoplas, «Poliestireno características y ventajas respecto al medio ambiente, Boletín técnico Informativo,» May 2011. [En línea]. Available: [www.ecoplas.org.ar/pdf/38.pdf](http://www.ecoplas.org.ar/pdf/38.pdf).
- [36] TRACOM Productos, «Why Fiberglass is A Sustainable, Green and Sturdy Material,» TRACOM, [En línea]. Available: <https://tracomfrp.com/fiberglass-a-sustainable-green-and-sturdy-material/>.

Derechos de Autor (c) 2025 Abisai Jaime Reséndiz Barrón, Miguel Arón Ramos Péres, Francisco Javier García Rodríguez, Alejandro Salas Flores



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)